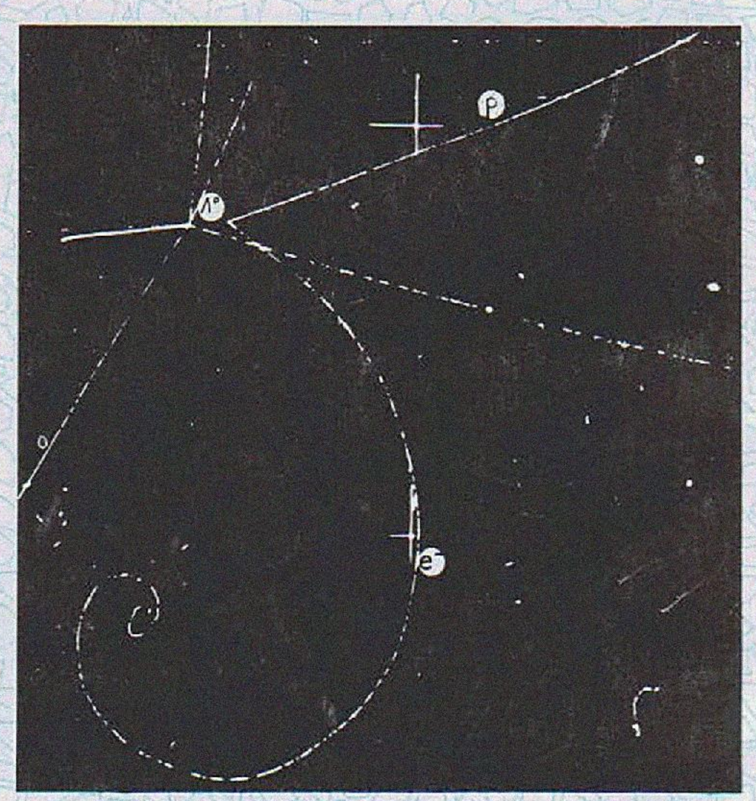
فيرنر هايزنبرغ

الطبيعة في الفيزياء المعاصرة





ترجمة
الدكتور أدهم السمّان



للدراسات والترجمة والنشر
دمشق ــ اوتوستراد المزة
هاتف ٢٤٤١٢٦ ــ ٢٤٣٩٥١
تلكس ٤١٢٠٥٠
ص . ب : ١٦٠٣٥
العنوان البرقي
طلاسدار
TLASDAR

ريع الدار مخصص
لصالح مدارس ابناء الشهداء في القطر العربي السوري

الطبيعة في الفيزياء المعاصرة

الطبعة الاولى
١٩٨٦

الطبعة الثانية ١٩٩٤

فيرنر هايزنبرغ

الطبيعة في الفيزياء المعاصرة

ترجمة
الدكتور أدهم السمّان

عنوان الترجمة الفرنسية للكتاب الأصلي بالألمانية

Werner HEISENBERG

LA NATURE

DANS LA PHYSIQUE CONTEMPORAINE

الطبيعة في الفيزياء المعاصرة

إن موقف الانسان المعاصر إزاء الطبيعة يختلف أساسياً عن موقف الانسان القديم لدرجة أننا نتساءل فيما إذا كان هذا الاختلاف وحده يسوغ لنا أن نتخذه نقطة انطلاق جديدة تماماً لدراسة علاقاتنا مع الطبيعة. إذ يصعب أن نعتبر الموقف العصري من الطبيعة موقفاً نابعاً من مجال فلسفة الطبيعة، كما كان الحال في العصور السالفة. بل هو، على العكس من ذلك، موقف تمليه، إلى حد بعيد، علوم الطبيعة والتقنية الحديثة. وعلى هذا الأساس لم يعد العالِم وحيداً في التساؤل عن خصائص الصورة التي ترسمها العلوم الحالية للطبيعة، وخصوصاً

الفيزياء الحديثة. ومع ذلك لا بد من ابداء التحفظ التالي: اننا لا نملك سبباً قاهراً للاعتقاد بأن صورة الكون التي ترسمها العلوم التجريبية قد أثرت مباشرة في أسلوب الحوار بين الانسان والطبيعة، في أسلوب الفنان الحديث مثلاً. ومع ذلك فلنا الحق في أن ننظر إلى تغيرات أسس علم الطبيعة الحديث على أنها ملامح طفرات عميقة في أساسات وجودنا، طفرات ذات انعكاسات مؤكدة في كافة مجالات حياتنا. وقد يكون، ضمن وجهة النظر هذه، من المهم للانسان الذي يسعى لادراك روح الطبيعة، في سبيل الابداع أو التفسير، أن يفتش عن التحولات التي طرأت على صورة الطبيعة نتيجة تطور العلم في العقود الأخيرة من السنين.

١

مسألة الطبيعة

تطور موقف العالِم من الطبيعة

لنبدأ بالقاء نظرة على الجذور التاريخية التي انبتت علم الطبيعة الحديث. ففي القرن السابع عشر، عندما أرسى كبلر Kepler وغاليلة Galilée ونيوتن Newton، قواعد هذا العلم كانت هناك صورة الطبيعة التي رسمتها العصور الوسطى حين كان المفكرون يرون فيها، قبل كل شيء، ما خلقه الله. لقد كانت الطبيعة صنيع الله. وكان التساؤل عن العالم المادي، بمعزل عن الله، يبدو لرجال ذلك العصر هراءً لا طائل تحته. وكوثيقة من ذلك العهد أسوق ما كتبه كبلر في ختام آخر مجلد من كتابه، **تناغم كوني**: «أشكرك اللهم، يا خالقنا، على أن تركتني أرى،

جمال خلقك؛ انني اتمتع بصنائع يديك. أنظر، لقد انجزتُ المهمة التي شعرت أنك أوكلتها إليّ؛ لقد أظهرت الموهبة التي منحتني اياها؛ لقد أعلنت على الملأ جلال أعمالك: فهم، وبقدر ما أتاح لي ذهني المحدود فهمها، سيقرؤون هنا براهينه».

على أن الموقف من الطبيعة تغير أساسياً بعد بضع عشرات من السنين. فواقع الأمر أن العالِم كلما تعمق في تفاصيل ظواهر الطبيعة يرى، كما بدأ يرى غاليله، ان بامكانه أن يستنبط مما لديه بعض الظواهر الطبيعية وأن يصوغها بلغة رياضية تتيح تفسيرها. وقد شعر، مع ذلك وفي الوقت نفسه، بعظم المهمة التي تنطرح على كاهل ذلك العالم الناشىء. وكان هذا التطور سريعاً لدرجة أن نيوتن لم يعد يرى في العالم بمجمله مجرد صنع الله. وأحسن تعبير عن موقفه من الطبيعة هو قوله بأنه يشعر شعور طفل يسعد، وهو يلعب على شاطىء البحر، عندما يجد بين الفينة والأخرى حصاة أكثر ملاسة أو قوقعة أجمل من سواها، بينما يمتد أمامه بحر من الحقيقة ما ارتاده أحد بعد. وربما أمكن تفسير هذا التغير في موقف العالم إزاء الطبيعة بما طرأ، في ذلك العصر، من تطور على الفكر المسيحي: لقد أصبح الله عالياً في السماء وبعيداً فوق الأرض

لدرجة أن التفكير في الأرض، بمعزل عن الله، يمكن أن يعتبر، هو أيضاً، شيئاً ذا معنى. وفي هذا المضمار يحق للمرء أن يتكلم، بخصوص علم الطبيعة الحديث، عن شكل نوعي من أشكال الالحاد: ونجد صدى لهذا الأمر عند كملاح Kamlah. وهذا ما يتيح لنا أن ندرك سبب الركود الذي طرأ على مجالات ثقافية أخرى. وعلى هذا فربما لم يكن من قبيل الصدفة أن تصبح الطبيعة بحد ذاتها، وفي ذلك العصر نفسه، موضوع تمثيل فني لا علاقة له بأمور الدين. فالنظرة إلى الطبيعة، ليس فقط بصورة مستقلة عن الله بل ومستقلة عن الانسان أيضاً، صارت تستجيب بتمامها، فيما يخص دراستها، إلى هذه النزعة، لدرجة أن تولدت المثالية التي تهدف إلى إيجاد توصيف أو تفسير «موضوعي» للطبيعة. ولا بد مع ذلك من التأكيد على أن القوقعة كان لها، حتى عند نيوتن، شيء من الأهمية لأنها خرجت من بحر الحقيقة الكبير؛ وإن الاهتمام بهذه القوقعة لم يكن بعد هدفاً بحد ذاته: فالانقطاع لدراستها لا يكتسب معناه إلا من خلال تماسك الكل.

ثم استخدمت، فيما بعد، بنجاح طريقة ميكانيك نيوتن في مجالات من الطبيعة أكثر فأكثر اتساعاً. وبواسطة التجارب

المخبرية لُجيء إلى استنباط بعض تفاصيل ظواهر الطبيعة وإلى رصدها موضوعياً وإلى تفسيرها بموجب القوانين؛ ثم سُعي إلى التعبير رياضياً عن صلاتها فيما بينها بهدف الوصول إلى «قوانين» صحيحة تعم العالم الكوني بأسره؛ وفي نهاية الأمر أصبح بالامكان استخدام القوى الطبيعية في المجالات التقنية. ولا شاهد، على فعالية هذه المحاولات الأولى، أفصح من التقدم الهائل الذي أحرزه الميكانيك في القرن الثامن عشر.

التحولات التي طرأت على معنى كلمة «طبيعة»

وبما يتناسب مع النجاح الذي أحرزه، راح هذا العلم يتوسع باستمرار حتى جاوز حدود التجربة اليومية إلى مجالات من الطبيعة نائية لا يمكن الوصول إليها إلا بواسطة تقنية كانت تتطور هي الأخرى مع تطور علوم الطبيعة. ولنيوتن أيضاً يعود الفضل في الخطوة الحاسمة التي انطلقت من إدراكه أن القوانين الميكانيكية التي تنظم حركة سقوط الحجر نحو الأرض هي ذاتها التي تتحكم في حركة دوران القمر حول الأرض. مما يتيح إذن امكانية تطبيقها أيضاً في المجال الكوني. وفي سير موكبه الظافر راح العلم يلج

بالتدريج مجالات من الطبيعة نائية لا يمكن الاستعلام عنها إلا بوسائل تقنية، أي بواسطة أجهزة تتفاوت في تعقيداتها. فقد أتاحت المراقب الضوئية المتقنة للفلكي أن يلتقف مجالات كونية أوسع وأنأى؛ كما حاول الكيميائي أن يعرف الحوادث التي تحدث في مستوى الذرة، وهناك التجارب التي تمت بفضل وشيعة التحريض ونابعة فولتا VOLTA والتي فتحت الباب لأول مرة على الظواهر الكهربائية التي كانت مجهولة في الحياة اليومية عصرئذ. وهكذا، عندما أصبحت الطبيعة غرض البحث في العلوم بدأ التحول في معنى كلمة «طبيعة»؛ فصار الاسمَ الجماعي لجميع مجالات التجربة التي يستطيع الإنسان القيام بها بمساعدة العلم والتقنية، بصرف النظر عما إذا كانت هذه المجالات تبدو، لأول وهلة، منضوية أو غير منضوية تحت اسم «طبيعة». كما أن عبارة «توصيف» الطبيعة بدأت، هي الأخرى، تفقد تدريجياً معناها الأولي كتمثيل للطبيعة حي ومذهل؛ فاصبحت بالتدريج تعني توصيفاً رياضياً للطبيعة، أي مجموعة تضم، من ظواهر الطبيعة ووشائجها، أو قوانينها، اكثر المعلومات دقة وكثافة، بل وتماماً أيضاً.

وليس بعد من سبب يحمل على الظن بأن هذا التوسع في

مفهوم الطبيعة يعني تخلياً مبدئياً عن الأهداف الأولى للعلم؛ ذلك أن المفاهيم الأساسية الدافعة إلى التوسع في التجارب ظلت مفاهيم التجربة الطبيعية. ففي القرن الثامن عشر كان يبدو أن الطبيعة تسير وفق القوانين في المكان وفي الزمان؛ ولدى توصيف هذا السير يمكن أن نضرب صفحاً عن الانسان ومداخلاته، إن لم يكن عملياً فمبدئياً على الأقل.

أما العنصر الذي كان يعتبر ثابتاً في تحول الظواهر فهو المادة التي لا تتبدل في كتلتها والتي هي قابلة للحركة بفعل القوى. فالتجارب الكيميائية التي تمت وتفسرت بنجاح، منذ القرن الثامن عشر، بفضل فرضية الذرة المستمدة من العصور القديمة، أدت إلى الاعتقاد بأن الذرات تظهر، كما كانت تُعتقد في الفلسفة القديمة، على أنها هي الكائن الحق، هي البذور الخالدة للمادة. كما أن الصفات المحسوسة للمادة ظلت، كما كانت في فلسفة ديمقريطس Democrites، ظواهر سطحية؛ فالرائحة واللون والسخونة والقساوة ليست في حقيقتها خواصاً للمادة، بل هي نواتج للتفاعلات المتبادلة بين المادة وحواسنا؛ وقد وجب تفسيرها بترتيب الذرات وبحركاتها وبتأثير هذا الترتيب على حواسنا. وبذلك

تولدت الصورة المبسطة للعالم وفق مادية القرن التاسع عشر التي تقول بأن الذرات، وهي التي تؤلف الكائن اللامتبدل الحق، تتحرك في المكان وفي الزمان وتولد بترتيبها وبحركاتها المظاهر المتنوعة في عالمنا المحسوس.

أزمة الصورة المادية

لقد تزعزعت، خلال النصف الثاني من القرن الماضي وللمرة الأولى، هذه الصورة المادية لدى تطور علم الكهرباء؛ لكن ذلك لم يبلغ بعد حد الخطورة. فقد اعتبر هذا العلم أن الكائن الحق هو الحقل الكهربائي لا المادة. لكن الفعل المتبادل فيما بين الحقول الكهربائية، ودون مادة تحمل القوى، كان أمراً أقل سهولة على الفهم من التمثيل المادي للواقع وفق فيزياء الذرة؛ أي أن عنصراً تجريدياً قليل الوضوح قد دخل الآن في صورة للعالم كانت تبدو، في كل شيء سواه، واضحة المعالم. ولهذا السبب حاول علماء تلك الفترة العودة الى الصورة المادية الأبسط التي تتميز بها الفلسفة المادية، وذلك عن طريق مواربة تم فيها اختراع أثير مادي وظيفته أن يحمل، على شكل توتر كهربائي، هذه الحقول الكهربائية؛ لكن

هذه المحاولات باءت بالفشل. بيد أنهم كانوا يستطيعون أن يعزّوا أنفسهم بالتفكير في أن التحويرات الناجمة عن الحقول الكهربائية يمكن أيضاً أن تعتبر عمليات جارية في المكان وفي الزمان؛ وأن بالامكان توصيفها موضوعياً، أي بغض النظر عن طريقة رصدها؛ وأنها بذلك لا تخرج عن الصورة المثالية المقبولة عموماً لمجريات الأمور في المكان وفي الزمان وفق القوانين. وكانوا، بالاضافة لذلك، يستطيعون أن يعتبروا الحقول الكهربائية، وهي لا تتجلى إلا بفعلها المتبادل مع الذرات، وكأنها منبثقة عن هذه الذرات؛ وبذلك يمكنهم، بمعنى ما، أن يستخدموها لتفسير حركة الذرات. وضمن هذه الحدود بقيت الذرات، رغم كل شيء، الكائن الحق. أما الفضاء الخالي فيما بينها فلا يتمتع إلا بنوع من الواقعية يتمثل في أنه حامل للحقول الكهربائية ولعلم الهندسة.

ولم يكن مهماً في صورة العالم هذه، وبعد اكتشاف ظاهرة النشاط الاشعاعي في نهاية القرن الماضي، أن لم يعد بالمستطاع اعتبار الذرات الكيميائية عناصر المادة الصغرى التي لا تتجزأ؛ بل كان هنالك ميل إلى اعتبارها مؤلفة من ثلاث مركبات أولية أساسية نسميها اليوم بروتونات ونترونات والكترونات. وقد أدى هذا

الاكتشاف، من خلال نتائجه العلمية، إلى تحويل الذرات الكيميائية بعضاً إلى بعض وإلى تقنيات الذرة؛ وبذلك اكتسب هذا الاكتشاف أهمية عظيمة. لكننا لن نغير شيئاً في القضية المبدئية لو اعتبرنا اليوم أن البروتونات والنترونات والالكترونات هي الجسيمات العنصرية للمادة وهي، بالتالي، الكائن الحق. لأن الأمر المهم في صورة العالم المادية هو إمكانية الابقاء على فكرة البذور الصغيرة الأولية في هذه الجسيمات العنصرية، على اعتبار أنها الحقيقة الموضوعية النهائية. وعلى هذه الأسس رسمت، في نهاية القرن التاسع عشر ومستهل القرن العشرين، تلك الصورة المتماسكة للعالم واحتفظت، بفضل بساطتها وخلال عشرات السنين، بقوة سحرها المقنعة.

بيد أن ما حصل، في هذه النقطة بالذات وخلال ما مضى من القرن الحالي، من تحولات عميقة في أسس فيزياء الذرة قد آل بهذه القضية إلى الابتعاد عن مفهوم الواقعية الذي كان سائداً في الفلسفة الذرية القديمة. لقد كان المأمول من هذه الجسيمات العنصرية أن تمثل الحقيقة الواقعية الموضوعية؛ بيد أن ذلك كان تبسيطاً مفرطاً جداً للوقائع الحقيقية وكان لا بد من أن تحل محله

مفاهيم أكثر منه تجريداً بكثير. لاننا اليوم، وفي سعينا إلى رسم صورة لهذه الجسيمات العنصرية، لم نعد نستطيع أن نغض النظر عن العملية الفيزيائية التي تقدم لنا المعلومات. ولئن كان رصد الأشياء في الحياة اليومية لا يتأثر كثيراً بالعملية الفيزيائية التي تتيحه، إلا أن كل عملية رصد للجسيمات العنصرية المادية تثير فيها اضطرابات لا يمكن اهمالها. فنحن هنا لا نستطيع بتاتاً أن نتكلم عن سلوك الجسيم دون أن نأخذ في الحسبان طريقة رصده. ونتيجة ذلك أن القوانين الطبيعية، التي نصوغها في نظرية الكم بعبارات رياضية، لم تعد تخص الجسيمات العنصرية بحد ذاتها، بل تخص المعلومات التي نستقيها عنها. فمسألة البحث عما إذا كانت هذه الجسيمات موجودة «في تلقاء نفسها» في المكان وفي الزمان لم يعد بمقدورنا أن نطرحها على هذا الشكل؛ فواقع الأمر أننا لا نستطيع أن نتكلم إلا عن الحوادث التي تتوالى عندما نحاول، من خلال الفعل المتبادل بين الجسيم وأية جملة فيزيائية أخرى ــ أجهزة القياس مثلاً ــ، أن نعرف سلوك الجسيم. فمفهوم الحقيقة الموضوعية قد تبخر إذن بشكل غريب، لا في ضباب مفهوم جديد للحقيقة مظلم أو غير مفهوم، بل في الضياء الشاف لرياضيات لم تعد تمثل سلوك الجسيم العنصري بل تمثل المعرفة التي

نستقيها عنه. وقد استسلم أنصار المذهب الذري لتلك البداهة التي تقول بأن العلم الذي يهتمون به ليس سوى حلقة من السلسلة اللامنتهية لحلقات الحوار بين الانسان والطبيعة، ولم يعد بمقدوره أن يتحدث ببساطة عن طبيعة «بحد ذاتها». فعلوم الطبيعة تفترض سلفاً وجود الإنسان، وعلينا، كما يقول بور BOHR، أن نأخذ في الحسبان أننا لسنا المشاهدين بل الممثلين في مسرح الحياة.

٢

التقنية

التأثير المتبادل فيما بين التقنية وعلوم الطبيعة

قبل أن نتحدث عن النتائج العامة التي تنجم عن هذا الوضع الجديد في الفيزياء الحديثة لا بد من أن نتعرض لتطور التقنية الذي اكتسب أهمية أكبر في الحياة على الأرض والذي ترافق مع تقدم علوم الطبيعة. وهذه التقنية هي التي انطلقت من الغرب ونشرت علوم الطبيعة في أرجاء الأرض كلها وجعلتها في مركز اهتمام الفكر المعاصر. وخلال مراحل هذا التطور في القرنين الماضيين ظلت التقنية على الدوام وسيلة علوم الطبيعة ونتيجتها. فهي وسيلتها لأن التوسع والتعمق في العلم نادراً ما يتم بدون إتقان أدوات الرصد؛ فما اختراع المنظار واكتشاف الأشعة السينية

سوى شاهدين متواضعين على ذلك. والتقنية هي، من جهة أخرى، نتيجة لعلوم الطبيعة لأن الاستغلال الميكانيكي للقوى الطبيعية لا يتاح عموماً إلا بفضل معرفة عميقة في مجال التجربة الهادفة.

وبهذه الصورة تطورت، في القرن الثامن عشر وفي أوائل القرن التاسع عشر، تقنية تعتمد على استثمار الحوادث الميكانيكية. فالآلة لا تقوم غالباً بأكثر من محاكاة اليد البشرية، سواء في الغزل أو في النسج أو في رفع الأثقال أو في طرق وتصفيح كتل الحديد الضخمة. ولهذا السبب اعتبر في بادىء الأمر هذا الشكل من التقنية امتداداً وتحسيناً للحرف القديمة؛ وكان يبدو لغير المتمرسين أمراً معقولاً وبدهياً كتلك الحرف ذاتها التي كانت أسسها معروفة لدى كل الناس ولو كانوا يجهلون ممارستها. لكن ظهور الآلة البخارية لم يغير بعد مبدئياً شيئاً من تلك الخاصية للتقنية. لكن التقنية تطورت بعدئذ بسرعة لم يعهدها أحد من قبل؛ لأن القوى الطبيعية المتركزة في الفحم أصبحت، من الآن فصاعداً، قابلة لأن توضع تحت تصرف الانسان ولأن تحل محل العمل اليدوي. على أن التطور الحاسم في ميزة التقنية لم يحدث إلا مع نشوء علم التقنية

الكهربائية في النصف الثاني من القرن الماضي. وعندها لم يعد بالامكان اعتبار هذا التطور استمراراً للحرف القديمة بل أصبح الأمر يتناول حصراً استثمار قوى طبيعية لم يكن الانسان، في تجاربه المباشرة، يعرف عنها إلا القليل. ولهذا السبب ما زالت التقنية الكهربائية ترهب الكثيرين؛ فهي، على الأقل، غامضة غالباً رغم أنها تحيط بنا من كل ناحية. ولئن صح أن نقول ان الحبل الذي ينقل توتراً كهربائياً عالياً، والذي يشكل الاقتراب منه خطراً مميتاً، يقدم لنا فكرة عن الحقل الكهربائي إلا أن هذا المجال من الطبيعة ما تزال أعماقه مجهولة عندنا. فالنظر في داخل جهاز كهربائي معقد ربما يسبب للناظر ارهاقاً يشبه ما نشعر به لدى مشاهدة عملية جراحية.

وعلى المنوال نفسه يمكن أن نعتبر التقنية الكيميائية امتداداً لبعض الحرف القديمة. وما علينا سوى أن نفكر بالمصبغة والمدبغة والصيدلية. وهنا أيضاً لا تتاح مقارنة المهن القديمة بالتوسع الذي أحرزته التقنية الكيميائية التي تطورت في مستهل القرن الحالي. أما فيما يخص تقنية الذرة أخيراً فان هذا الموضوع يتناول حصراً استثمار قوى طبيعية لم تكن الخبرة بالعالم الطبيعي لتجعلها سهلة

المتناول. وقد تصبح هذه التقنية ذات يوم مألوفة لدينا كما ألفنا اليوم التقنية الكهربائية، إذ يبدو لنا من غير المعقول أن لا نجدها في العالم الذي يحيط بنا عن كثب. لكن الأشياء، حتى تلك التي تحيط بنا عن كثب، لا تصبح سريعاً، بسبب قربها منا، جزءاً من الطبيعة بالمعنى القديم لهذه الكلمة. وربما أصبحت الأجهزة التقنية العديدة، في المستقبل، لاصقة بالانسان لصوق القوقعة بالحلزون والعنكبوت بنسيجه. وحتى لو حدث ذلك فان هذه الأجهزة قد تصبح أجزاء من الجسم البشري، أكثر من أن تكون أجزاء من الطبيعة المحيطة به.

تدخل التقنية في علاقات الطبيعة بالانسان

إن تدخل التقنية في علاقات الطبيعة بالانسان يتجلى في واقع التغيير الكبير الذي تسببه في العالم المحيط بالانسان والذي يكشف له، باستمرار وبحتمية، السمة العلمية للعالم الكوني. فالتقنية تعكس طموح العلم إلى التوغل في أعماق الكون بطريقة تمكنه من استخلاص التفاصيل واستجلائها، وبالتالي، من التسامي في علاقاته درجة فدرجة. ويتقدم خطاها تدخل التقنية في عوالم

جديدة وتستغل أمام عيوننا العالم المحيط بنا وتطبع عليه بصمة البشر. وعلى شاكلة ما يحدث في العلوم حين يساهم حل المسألة الصغيرة في تنفيذ المهمة الكبيرة: فهم الطبيعة بمجموعها، فان أصغر خطوة في طريق التقنية تخدم الهدف العام: زيادة مقدرة الانسان المادية. ولا جدال في أن قيمة هذا الهدف لا تقل عن قيمة تلك المهمة؛ فكلاهما يصب في مجرى القول المأثور: «إن المعرفة مقدرة». ومن السهل البرهان على أن كل تقدم تقني خاص ينضوي في الهدف العام؛ على أن مما يميز أيضاً التطور الشامل هو أن العملية التقنية الخاصة غالباً ما تكون مرتبطة بالهدف العام ارتباطاً ثانوياً غير مباشر، لدرجة أننا قلما نستطيع أن نعتبرها جزءاً من مخطط واعٍ رُسم لبلوغ ذلك الهدف. وفي هذه الحالة نادراً ما تبدو التقنية نتاجاً لمجهودات انسانية واعية تهدف إلى زيادة المقدرة المادية؛ بل تظهر غالباً وكأنها حدث بيولوجي على نطاق واسع تنتقل خلاله البنى الداخلية للإنسان العضوي أكثر فأكثر إلى العالم المحيط به. فهي إذن عملية بيولوجية تخرج، بحكم طبيعتها، عن سلطة الانسان؛ لانه «حتى لو كان الانسان يستطيع أن يفعل ما يريد فانه لا يستطيع أن يريد ما يريد».

٣

علوم الطبيعة كأجزاء من التأثير المتبادل بين الإنسان والطبيعة

التقنية وتغير اسلوب العيش

لقد قيل مراراً، بهذا الخصوص، ان التغير العميق الذي جلبه عصر التقنية إلى عالمنا المحيط بنا وإلى أسلوب عيشنا قد غير أيضاً، وبشكل خطير، أفكارنا وأن علينا أن نبحث فيه عن مصادر الأزمات التي تعصف في عصرنا والتي تظهر آثارها أيضاً في الفن الحديث مثلاً. والحقيقة هي أن هذا الاعتراض أقدم من التقنية ومن علوم الطبيعة في العصور الحديثة: فالتقنية والآلات كانت موجودة، بشكل بدائي، منذ زمن بعيد لدرجة أن قدماء

البشر كانوا قد أضطروا إلى التفكير في هذه الأمور ذاتها. فمنذ أكثر من الفين وخمسمئة عام، مثلاً، تحدث العالم الصيني دشوانغ دسي عن خطر استخدام الآلة على الجنس البشري؛ وأود أن أسوق هنا، مما كتب بهذا الخصوص، المقطع الهام التالي:

«عندما اجتاز دسي غونغ المنطقة الواقعة شمالي نهر هان، رأى رجلاً عجوزاً يعمل في حديقة بقوله. كان العجوز قد حفر في الحديقة قنوات للسقاية. وكان ينزل هو نفسه إلى البئر ويخرج منه حاملاً بين ذراعيه سطلاً مليئاً بالماء الذي كان يصبه في القنوات. ورغم المجهود المضني الذي كان يبذله، لم يكن يحصل إلا على القليل.

«قال دسي غونغ: يوجد طريقة لإملاء مئة قناة في يوم واحد. ألا ترغب في استعمالها؟ فنهض العجوز وحدق فيه وقال: وما هي؟

«قال دسي غونغ: تستعمل رافعة من الخشب ثقيلة في مؤخرتها وخفيفة في مقدمتها. وبهذه الصورة يمكن أن تغترف ماءً وفيراً.

«صعد الغضب إلى وجه العجوز ولكنه قال ضاحكاً: لقد

سمعت معلمي يقول : إن من يستخدم الآلات ينفذ دوماً أعماله آلياً ؛ ومن ينفذ أعماله آلياً يصبح له قلب آلة ؛ ومن يحمل قلب آلة في صدره يخسر نقاء براءته ؛ ومن يخسر نقاء براءته تضطرب حركات روحه؛ ومن تضطرب روحه يضل طريقه . أنا لا أجهل هذه الأشياء ـــ انني أخجل من استعمالها » .

إن كلاً منا يشعر بأن هذه الحكاية القديمة تحوي قسطاً كبيراً من الحقيقة ؛ لأن « اضطراب حركات الروح » ربما كان خير تعبير مدهش عن حالة البشر في الأزمة الحالية ، حيث اكتسحت التقنية والآلة العالم بشكل لم يكن بمستطاع الحكيم الصيني أن يتنبأ به . ومع ذلك وبعد ألفي سنة ابتدُعت أروع الانجازات الفنية ، دون أن يؤدي هذا قط إلى خسران تام لبراءة الروح التي ذكرها الفيلسوف ؛ بل إن هذه البراءة برزت بشيء من القوة على مر القرون دون أن ينضب معينها . وبموجز العبارة نقول إن تسامي العرق البشري حدث بفضل تلك الآلات . فليس من الانصاف إذن أن نعزو إلى التقنية بحد ذاتها فقدان روح الانسجام الجماعي في كثير من المجالات .

ربما كان أقرب إلى الحقيقة أن نعزو العديد من الأزمات

على هذه الأرض، دون شريك ولا خصيم. وهذه حقيقة معروفة في مجال كفاح الانسان ضد الأخطار الخارجية. ففي الماضي كان الانسان مهدداً بالبهائم المتوحشة وبالأمراض وبالجوع وبالبرد وبسائر القوى الطبيعية؛ وكل تحسين تقني في درء هذه الأخطار كان يعني بالنسبة للانسان في هذا الصراع تقوية موقفه، وهذا ما يعتبر تقدماً. أما اليوم، حيث تتزايد كثافة السكان على سطح الأرض، فإن ضيق إمكانيات العيش والأخطار الناجمة عنه تتولد بالدرجة الأولى من البشر الآخرين الذين يطالبون بحقوقهم في خيرات الأرض. لكن تطور التقنية هنا ليس بالضرورة تقدماً. فالقول بأن «الانسان يقف وحيداً مع نفسه» له، في عصر التقنية، مغزى أوسع. ففي الماضي كان الإنسان يقف وجهاً لوجه أمام الطبيعة؛ وكانت الطبيعة، وهي مسكونه بمخلوقات من جميع الأنواع، تؤلف مملكة تعيش وفق قوانينها الخاصة؛ وكان على الانسان أن يتلاءم معها بشكل أو بآخر. أما اليوم، فنحن نعيش في عالم تحوّل بفعل الانسان كلياً لدرجة أننا نصادف، في كل مجال، البنى التي هو صانعها: كاستخدام أدوات الحياة اليومية، وتحضير الطعام بواسطة الآلات، وتغيير مناظر الأراضي. وبذلك أصبح الانسان لا يصادف إلا نفسه. صحيح أنه ما يزال يوجد مناطق من الأرض لم يصل إليها

الحالية إلى التطور المفاجىء والسريع ــ بالقياس إلى التـغيرات القديمة ـــ الذي أحرزته التقنية خلال العقود السبعة الأخيرة من السنوات. فالواقع أن سرعة هذا التطور المذهلة لم تدع للانسانية الوقت الكافي كي تتلاءم مع ظروف الحياة الجديدة. لكن هذا كله لا يفسر وحده، أو يفسر بشكل منقوص، السبب الذي جعل، بكل جلاء، عصرنا يقف أمام ظرف جديد تماماً قلما نجد له مثيلاً في التاريخ.

إن الانسان يقف بعد الآن وحيداً مع نفسه

لقد قلنا منذ البدء انه قد يكون بمقدورنا أن نعتبر التحولات التي طرأت على أسس علم الطبيعة الحديث مؤشرات تنبىء عن تغيرات في أسس وجودنا، تغيرات تظهر متزامنة في كثير من المجالات، سواء في أسلوب عيشنا وفي عادات تفكيرنا أو في كوارث خارجية كالحروب والثورات. فاذا انطلقنا من وضع العلوم الحديثة محاولين أن نتقدم خطوة بعد خطوة نحو الأسس الرجراجة، نشعر أننا لا نبالغ كثيراً في وصف ظروفنا الحالية إذا قلنا: **إن الانسان يقف، لأول مرة في التاريخ، وحيداً مع نفسه**

هذا التحول بعد؛ لكن سلطة الانسان لا بد أن تعم كل شيء، عاجلاً أو آجلاً.

إن هذا الوضع الجديد يتجلى، بأوضح معالمه، في علم الطبيعة الحديث. وهذا العلم، كما قلت آنفاً، يثبت لنا أنه لم يعد بمقدورنا أن نعتبر بذور المادة شيئاً «بحد ذاته» ــ وهي التي كانت في الأصل تُتخذ على أنها الشيء الموضوعي النهائي ــ وأن هذه البذور تستعصي على كل تحديد موضوعي في المكان وفي الزمان، وأننا لا نملك، في الواقع، من أشياء العلم سوى معرفتنا عن هذه الجسيمات. فمعرفة الذرات وحركتها «بحد ذاتها»، أي بصورة مستقلة عن رصدنا التجريبي، لم تعد إذن هدف ابحاثنا؛ لكننا، على الأصح، نجد أنفسنا منذ البداية في غمرة حوار بين الطبيعة والانسان، حوار ليس العلم سوى جزء منه، لدرجة أن التقسيم الاصطلاحي للعالم إلى موضوع وغرض، إلى عالم داخلي وعالم خارجي وإلى جسم وروح، لم يعد قابلاً للتطبيق وأصبح مصدراً للمتاعب. وكذلك الأمر في علوم الطبيعة، **فغرض البحث لم يعد إذن الطبيعة بحد ذاتها بل الطبيعة الخاضعة الى التحري**

البشري، وبهذا المعنى نرى من جديد أن الانسان لا يلتقي إلا نفسه.

ومما لا شك فيه بتاتاً أن مهمة عصرنا تنحصر في التلاؤم مع هذا الوضع الجديد في كل مجالات الحياة؛ ولن يستطيع الانسان أن يجد «الأمانَ في حركات روحه»، على حد تعبير الحكيم الصيني، إلا بعد أن ينجز هذه المهمة. والطريق الموصل إلى هذه الغاية سيكون طويلاً وشاقاً، ولا نعلم ما فيه من معاناة ومصاعب. لكنني، في سبيل معرفة بعض معالم هذا الطريق، أسمح لنفسي بالتذكير، مرة أخرى، بنموذج العلوم الدقيقة الطبيعية.

مفهوم جديد للحقيقة العلمية

إن الوضع الجديد الذي شرحناه آنفاً أصبح مقبولاً، في نظرية الكم، بعد أن أمكن صوغ هذه النظرية رياضياً. وهذا ما سمح بالتنبؤ بدقة عن نتائج التجارب المخبرية دون التعرض لخطر التناقض المنطقي. لقد تم إذن تقبل هذا الوضع الجديد بمجرد أن أزيل عنه كل غموض.

وعلى هذا الأساس لم تعد الصيغ الرياضية تمثل الطبيعة بل تمثل ما نملكه من المعرفة بها ؛ وهذا يعني أننا قد عدلنا عن توصيف الطبيعة الذي كان يُمارس خلال مئات السنين والذي كان يعتبر، لبضعة عقود خلت، الهدف الطبيعي لكل علم دقيق. وفي الوقت الحاضر علينا أن نكتفي بالقول بأن هذا الموقف يمتد إلى مجال فيزياء الذرة نفسها، لأن من الممكن أن نشرح التجربة بدقة. لكن الآراء تتفاوت بمجرد أن نحاول إيجاد تفسير فلسفي لنظرية الكم. فقد قيل بهذا الصدد أن ذلك الشكل الجديد في توصيف الطبيعة ما يزال غير مرض لأنه لا ينسجم مع المفهوم المثالي للحقيقة العلمية، وأنه لا يعدو أن يكون مؤشراً عن الأزمة الحالية وهو، على كل حال، ليس نهائياً.

من المفيد، بهذا الخصوص، أن نتفحص مفهوم الحقيقة بشكل أعم وأن نوجد معايير للمعرفة العلمية المتماسكة والنهائية. لنبدأ بمعيار هو، بالأحرى، خارجي : طالما كان أي مجال من الحياة الثقافية في حالة نمو مطرد ودون انقطاع داخلي، فان مسائل تفصيلية تنطرح على الانسان الذي يعمل في ذلك المجال ؛ وهي، بمعنى ما، مشاكل مهنية ليس حلها معضلة قائمة بذاتها بل هو

أمر لا يستمد قيمته إلا من خلال اسهامه في تماسك المنظومة الكبيرة، والتماسك هو وحده المهم. وهذه المسائل التفصيلية تنطرح دون أن نلجأ لاثارتها؛ والعمل على حلها شرط من شروط إشراكها في المنظومة. إن ذلك هو الدافع الذي كان يحدو بنحاتي القرون الوسطى إلى الاجتهاد في الحصول على أحسن محاكاة ممكنة لطيات الملابس: فحل هذه المسألة التفصيلية كان من الضرورة بمكان، لأن طيات ثياب القديسين كانت تشكل جزءاً من المنظومة الدينية المستهدفة. وقد انطرحت، في علم الطبيعة الحديث، وما تزال تنطرح مسائل تفصيلية مشابهة يشكل حلها شرطاً من شروط فهم المجموع. وهذه الأسئلة انطرحت من تلقاء نفسها على امتداد التطور الذي استغرق السنين الماضية من هذا القرن، وكان الهدف دوماً المجموعة الكبيرة للقوانين الطبيعية. ومن وجهة النظر هذه لا يوجد سبب خارجي كي يكون الحل استمراراً لما كان قائماً في علم الطبيعة الدقيق.

وفيما يخص النتائج النهائية يجب أن نذكّر أنه لم يوجد قط، في دائرة علم الطبيعة الدقيق، حلول نهائية إلا في عدد محدود من مجالات التجربة. فالمسائل التي يمكن أن تطرحها، مثلاً، مفاهيم

ميكانيك نيوتن تجد حلها النهائي في قوانين نيوتن والنتائج الرياضية الناجمة عنها. لكن هذه الحلول لا تخرج عن مفاهيم ميكانيك نيوتن والأسئلة التي تثيرها. وهذا ما جعل علم الكهرباء، مثلاً، عصياً على التحليل المعتمد على تلك المفاهيم؛ وعلى امتداد التحريات في هذا المجال التجريبي الجديد نشأت منظومات جديدة من المفاهيم امكن بواسطتها صوغ القوانين الطبيعية لعلم الكهرباء بشكل رياضي نهائي.

وكلمة «نهائي»، كما نطبقها على علوم الطبيعة الدقيقة، تعني إذن، وضوحاً، أنه يوجد دوماً منظومات مفاهيم وقوانين تشكل كلاً مغلقاً وتكون قابلة لأن تصاغ رياضياً؛ وهي تصح في مجالات معينة من التجربة؛ فهي في هذه المجالات ذات صحة شاملة ولا تخضع للتحويل ولا للتحسين. ولا يحق لنا، بالطبع، أن نأمل من هذه المفاهيم والقوانين أن تكون فيما بعد قادرة على تمثيل مجالات أخرى من التجربة. والمفاهيم والقوانين الواردة في نظرية الكم لا يمكن أن نسميها، هي الأخرى، نهائية إلا بهذا المعنى المحدد. وبهذا المعنى المحدد، وبه فقط، يمكن للمعرفة العلمية أن تتحدد نهائياً في لغة رياضية أو في شيء آخر.

وبصورة مشابهة، تقبل بعض فلسفات الحقوق أنه يوجد دوماً حقوق؛ لكن من الواجب، عموماً، أن نصدر قانوناً جديداً لأجل كل حالة حقوقية جديدة؛ وأن القانون المكتوب لا يمكن، على كل حال، أن ينطبق إلا على مجالات محددة من الحياة، فلا يمكن إذن أن تكون له قيمة شاملة دائمة. وكذلك علوم الطبيعة الدقيقة تنطلق من فكرة أننا نستطيع، في نهاية الأمر، أن نفهم الطبيعة في كل مجال من التجربة جديد. لكن بما أننا لم نحدد مسبقاً معنى كلمة «فهم» فإن معرفة الطبيعة، في صيغة رياضية كتبت في عصور سالفة، ليست مع ذلك قابلة التطبيق أبدياً، ورغم أنها «نهائية». إن مقتضى هذه الأحوال يجعل أيضاً من المستحيل أن نؤسس على المعرفة العلمية عقائد معلنة تهدف إلى التأثير على سلوكنا في الحياة. لأن مبرر هذه العملية لا يمكن أن يصدر إلا عن معارف علمية نهائية، وهذه المعارف لا تنطبق إلا في مجالات من التجربة محدودة. والعقائد المعلنة في عصرنا، والتي تبدأ بالالحاح على انها ليست من قبيل الإيمان بل تصدر عن معرفة نابعة من العلم، تنطوي إذن على تناقض داخلي وتستند على وهم تلقائي.

وعلى كل حال، يجب أن لا تقودنا هذه الاعتبارات إلى أن

نبخس حق متانة الأسس التي يقوم عليها بناء علوم الطبيعة الدقيقة. فمفهوم الحقيقة العلمية، وهو أساس هذه العلوم، يمكن أن يضم عدة طرائق فهم للطبيعة. فهذا المفهوم يشتمل أيضاً، بالاضافة إلى علوم القرون الماضية، على الفيزياء الذرية الحديثة؛ فنحن، على هذا الأساس، نستطيع إذن أن نقنعَ بنوع من المعرفة لا يمكن فيه جعل الطبيعة موضوعية، لكننا نستطيع مع ذلك أن نقيم علاقات معها.

ولئن جاز لنا أن نتكلم عن صورة الطبيعة وفق ما ترسمه علوم عصرنا الدقيقة، فلا بد أن نفهم من ذلك، لا صورة الطبيعة ذاتها بل، وبالأحرى، **صورة علاقاتنا مع الطبيعة**. فتقسيم العالم، كما كان لدى القدماء، إلى مجريات موضوعية في المكان وفي الزمان، من جهة، وإلى روح تعكس هذه المجريات، من جهة أخرى، وهو تقسيم يتفق مع تقسيم ديكارت DESCARTES **إلى شيء ممتد وشيء مفكر**، لم يعد ملائماً كنقطة انطلاق لفهم علوم الطبيعة الحديثة. ذلك أن شبكة العلاقات بين الانسان والطبيعة هي الهدف المركزي لهذه العلوم. وبفضل هذه العلاقات نكون نحن، كمخلوقات فيزيائية حية، أجزاء مستقلة عن الطبيعة، بينما

نحن، كبشر، نشكل في الوقت ذاته غرض تفكيرنا وأفعالنا. والعلم، وقد استنكف عن أن يكون مشاهداً للطبيعة، أصبح يعتبر نفسه جزءاً من الأفعال المتبادلة فيما بين الطبيعة والانسان. والطريقة العلمية، التي تختار وتشرح وتنظم، تلتزم بالحدود التي يفرضها عليها واقع أن استخدام الطريقة يحوّل الغرض، وبالنتيجة، أن الطريقة لا يمكن أن تنفصل عن غرضها. وهذا يعني أن **صورة العالم بريشة علوم الطبيعة لم تعد بالتدقيق صورة العالم وفق علوم الطبيعة.**

الشعور الواعي بخطر أوضاعنا

إن ابراز هذه المفارقات في مجال علمي محدود ليس ذا نفع كبير في معالجة وضعنا العام في عصر كنا وصفناه، اختصاراً، بأنه يضعنا قبل كل شيء وحيدين في مواجهة أنفسنا. كما أن هذا الوضع نفسه يفرض حدوداً على أي أمل بتقدم مؤكد يحدث بفضل تزايد سلطة الانسان المادية والروحية، وإن كنا لا نرى هذه الحدود بوضوح. ومما يزيد في عظم هذه الأخطار هو أن موجة التفاؤل التي تجرنا إلى اليقين بهذا التقدم تتكسر بعنف أشد على تلك الحدود. وقد يمكن ابراز هذا الخطر بوضوح أكبر إذا استعرنا

التشبيه التالي. إن هذا التزايد، الذي يبدو غير محدود، في السلطة المادية يضع البشرية في موقف قبطان سفينة مصنوعة من كمية من الفولاذ والحديد كبيرة لدرجة أن بوصلة القبطان الموجهة لا تتجه نحو الشمال بل نحو كتلة حديد السفينه. إن مثل هذه السفينة لن تصل إلى أي مكان؛ لأن كل ما يمكن أن تقوم به، وقد أصبحت عرضة لنزوات الرياح والتيارات البحرية، هو أن تدور في حلقة مفرغة. فاذا عدنا الآن إلى وضعنا الحالي نرى أن الخطر يبقى قائماً طالما بقي القبطان جاهلاً أن بوصلته لم تعد تتحسس بالقوة المغنطيسية الأرضية. وإدراكه لسبب هذا الضياع يعادل انحسار نصف الخطر. لأن القبطان، وهو لا يريد أن يدور في حلقة مفرغة بل يرغب في الوصول إلى مكان معروف أو غير معروف، سيجد طريقة لتوجيه سفينته، إما باستخدام بوصلة حديثة لا تتأثر بكتلة حديد السفينة أو بالاستهداء بمواقع النجوم كما كان يفعل القدماء. صحيح أن امكانية مشاهدة النجوم لا تتوقف علينا وربما لا نراها، في عصرنا، إلا نادراً. لكن التحسس الواعي لحدود الأمل الذي يتولد عن الثقة بالتقدم ينطوي على الرغبة في عدم الدوران في حلقة مفرغة، بل في الوصول إلى الهدف. وبمقدار ما نكتشف من هذه الحدود ونتعرف عليها، فانها تلعب في مسعانا دور أول نقطة ثابتة

تفيد في توجيه خطانا باتجاه جديد. وربما يتاح لنا، على شاكلة ما حدث في علوم الطبيعة الحديثة، أن نأمل في أن تكون هذه الحدود حدود بعض أشكال التطور المنتمي إلى مجال حياة البشر، لا إلى مجال الحياة بحد ذاتها. فالمجال الذي تنمو فيه البشرية وتتطور ككائن روحي هو مجال أغنى أبعاداً من المجال الذي مارست فيه نشاطها خلال القرنين الأخيرين. وقد نستطيع أن نستنتج من كل ذلك أن التقبل الواعي لهذه الحدود سيقود، بعد فترات طويلة، إلى نوع من التوازن تنتظم فيه، من تلقاء نفسها وحول هدف مشترك، معارف الانسان وقواه الخلاقة.

فيزياء الذرّة وقانون السببيّة

إن التحولات التي طرأت على مفهوم القانـون الطبيعي، بفعل الفيزياء الذرية الحديثة، هي من ضمن أكثر النتائج العامة لهذه الفيزياء أهمية.

فقد قيل مراراً خلال السنوات الأخيرة إن علم الذرة الحديث قد ألغى مبدأ السببية، أو أنه، على الأقل، انتزع جزءاً كبيراً من عنفوانه، لدرجة أننا لم نعد نستطيع أن نتكلم عن حتمية كاملة تسيِّرُ الحوادث وفق القوانين الطبيعية. ونسمع أحياناً، وبكل بساطة، أن مبدأ السببية لا يتفق مع علم الذرة الحديث. إن مثل هذه الأقوال تبقى غامضة طالما أن مفهومي السبب والقانون لم يتوضحا

بشكل كاف. ولهذا السبب أود، فيما يلي، أن أتحدث بإيجاز عن التطور التاريخي لهذين المفهومين. وبعدئذ نتناول العلاقات التي كانت قائمة، قبل نظرية الكم بكثير، فيما بين علم الذرة ومبدأ السببية. وعندئذ نتكلم عن نتائج نظرية الكم وعن تطور علم الذرة خلال السنوات الأخيرة. وما تزال معلومات هذا التطور قليلة لدى جمهور الناس؛ رغم أنه سيكون له، على ما يبدو، انعكاسات كبيرة في مجال الفلسفة.

١

مفهوم «السببية»

إن تطبيق مفهوم السببية Causalité على علاقة السبب بالمفعول هو، من الناحية التاريخية، حديث نسبياً. ففي الفلسفات القديمة كان لكلمة Causa معنى أعم بكثير من معناها الحالي. فالفلسفة الكلامية المنسوبة إلى أرسطو، مثلاً، تتكلم عن أربعة أشكال من «السبب». ففيها نجد عبارة Causa formalis التي يمكن اليوم أن نسميها بنية الشيء أو محتواه المعنوي؛ ونجد Causa materialis أي المادة المصنوع منها الشيء؛ وهناك Causa finalis وهو هدف الشيء؛ وكذلك Causa efficiens وهو يقابل تقريباً ما نعنيه اليوم بكلمة سبب أو عبارة علة فاعلة.

إن تحول معنى كلمة Causa إلى المفهوم الحالي لكلمة سبب استغرق عدة قرون متلازماً مع تحول معنى الحقيقة الكاملة، كما يفهمها البشر، ومع نشوء علوم الطبيعة في بدء العصر الحديث. وبمقدار ما كانت العملية المادية تكتسب من صفات الحقيقة، كانت كلمة سبب تنطبق على العملية المادية الخاصة التي تسبق الحادث المراد تعليله، وبنوع ما، تستثيره. ولهذا السبب كان كنط KANT، الذي استخلص في عدة نقاط نتائج نمو علوم الطبيعة منذ نيوتن، يستخدم منذئذ كلمة سببية بالمعنى المقبول الشائع في القرن التاسع عشر: «عندما نعلم بحدوث شيء ما، نتوقع دوماً أن شيئاً قد سبق وأدى، وفق نهج معين، إلى حدوث ذلك الشيء». وبذلك تحددت صيغة السببية حتى تطابقت مع واقع أن نعتقد أن كل ما يحدث في الطبيعة معين بصرامة، وبالتالي، أن الاحاطة بمعرفة الطبيعة بدقة، أو بمعرفة قسم منها، يكفي، مبدئياً على الأقل، للتنبؤ بالمستقبل. ولقد أُنشئت فيزياء نيوتن على هذا الأساس، لدرجة أن بالمستطاع فيها أن نحسب، انطلاقاً من حالة الجملة المادية في وقت معين، حركتها المستقبلية. فان كان هذا مبدأً من مبادىء الطبيعة فقد عبر عنه لابلاس LAPLACE بأعم صيغة وأوضحها حين اختلق حكاية

الشيطان الذي أحاط، في وقت ما، علماً بمواضع كل الذرات وحركاتها، فاصبح بذلك قادراً على أن يحسب سلفاً كل مستقبل العالم. فاذا أريد اتخاذ كلمة سببية بالمعنى المقصود هذا، أمكن أيضاً أن نستعمل كلمة «حتمية»، ونفهم منها أنه يوجد قوانين طبيعية خالدة تعين بدقة الحالة المستقبلية لجملة مادية بموجب حالتها الراهنة.

٢

القوانين الإحصائية

لقد أنشأ علم الذرة، منذ خطواته الأولى، مفاهيم لا تتفق، بصادق القول، اتفاقاً حسناً مع تلك الصورة. ولا نقصد أن هذه المفاهيم تتعارض مع مبادئها؛ لكن طريقة التفكير الخاصة بعلم الذرة كانت مضطرة، منذ البدء، لأن تتميز عن طريقة الحتمية. فالمذهب الذري، عند ديمقريطس ولوسيبوس، كان منذئذ يقبل أن ما يحدث في سلّم المحسوسات ناجم عن عمليات عديدة فوضوية تحدث في سلم الجسيمات. وفي الحياة اليومية أمثلة عديدة تؤيد هذا المبدأ. فالمزارع يكفيه أن يرى بلل الأرض كي يعرف أن غيمة قد انسكبت مطراً، ولا حاجة بانسان لأن يعلم كيفية سقوط كل

قطرة. لنضرب مثلاً آخر: إن كل الناس يفهمون ما تعني كلمة غرانيت، ولو أنهم لا يعرفون تماماً شكل بلوراته الصغيرة المختلفة ولا تركيبها الكيميائي ولا نسب هذا التركيب ولا لونها. فنحن اذن نستخدم دوماً مفاهيم تصدر عن سلوك الظواهر في السلم الكبير دون أن نهتم بالعملية المفردة في السلم الجسيمي.

إن فكرة التضافر الاحصائي لعدد كبير من العمليات الصغيرة المفردة استخدمها علم الذرة القديم في وقت مبكر كأساس لشَرح ما يحدث في العالم؛ ثم عممها في صورة أن كل صفة محسوسة من صفات المادة تولدها بشكل غير مباشر أوضاع الذرات وحركاتها. وقديماً كتب ديمقريطس: «ليس الشيء حلواً ولا مراً إلا في الظاهر؛ أما الحقيقة فلا يوجد إلا ذرات والفضاء الخالي». فاذا فسرنا إذن الظواهر المحسوسة بتضافر العديد الكبير من الحوادث الصغيرة المفردة فان هذا يعني، بما يشبه الالزام، أننا نعتبر قوانين الطبيعة قوانين احصائية حصراً. ومعلوم أن القوانين الإحصائية قد تقود إلى تأكيدات ذات درجة احتمال عالية بحيث تعادل اليقين تقريباً. على أن هذا المبدأ يحتمل الشذوذ. وكثيراً ما يبدو مفهوم القانون الاحصائي مليئاً بالتناقضات. وقد قيل، من

جهة ، إن بالمستطاع أن نتصور أن العمليات الطبيعية تحكمها القوانين وأن هذه العمليات ، من جهة أخرى ، تتوالى دون أي نظام وأن القوانين الاحصائية لا تمثل شيئاً . لكن لنتذكر أننا في الحياة اليومية لا نخطو خطوة دون أن نصادف قوانين احصائية نستفيد منها كأساس لسلوكنا العملي . فمهندس الري مثلاً ، عندما يبني منشأة ري ، يأخذ في الحسبان كمية وسطية من الأمطار ، رغم أنه لا يستطيع أن يتنبأ لا بوقت المطرَ ولا بكميته .

إن القوانين الاحصائية تعني أننا لا نعرف ، إلا بشكل منقوص ، الجمل الفيزيائية التي نتناولها . ولعبة النرد أشهر مثال . فبما أن وجوه المكعب كلها متماثلة ، وأننا لا نستطيع بحال من الأحوال أن نتنبأ بالرقم الذي سيظهر ، يمكننا أن نفترض أن السدس فقط ، من عدد كبير جداً من الرميات ، سيكون له حظ إظهار الرقم خمسة .

لقد جرت ، منذ بدء العصر الحديث ، محاولة تفسير ، كيفي وكمي ، لسلوك المادة بالسلوك الاحصائي لذراتها : فقد برهن روبرت بويل BOYLE منذئذ أن بالامكان فهم علاقات ضغط الغاز بحجمه بمجرد أن نفسر هذا الضغط بالصدمات العديدة

التي تقرع بها ذرات الغاز جدار الوعاء واحدة واحدة، كما فُسرت بصورة مماثلة الظواهر الترموديناميكية بقبول أن الذرات تتحرك بعنف أكبر كلما كان الجسم أسخن. ولقد نجحت مهمة اعطاء هذه الملاحظة صيغةً كمية رياضية، فأدى هذا النجاح إلى فهم قوانين علم الحرارة.

إن هذا الاستخدام للقوانين الاحصائية وصل إلى شكله النهائي في النصف الثاني من القرن الماضي بواسطة ما يسمى **الميكانيك الاحصائي**. ففي هذه النظرية، التي تنتج قوانينها الأساسية ببساطة من ميكانيك نيوتن، تم فحص نتائج المعرفة الناقصة في الجملة الميكانيكية المعقدة. فقد استمر إذن التمسك بمبدأ الحتمية الصرفة، كما استمر القبول، وفق ميكانيك نيوتن، بأن العمليات المفردة معينة تماماً. ولكن أضيفت فكرة أن الخواص الميكانيكية للجملة ليست معروفة بالتمام. وقد نجح جيبس GIBBS وبولتزمان BOLTZMANN في التعبير موضوعياً بصيغ رياضية عن النوع الذي تنتمي إليه المعرفة الناقصة، وخصوصاً أن جيبس تمكن من اثبات أن درجة الحرارة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمعرفة ناقصة؛ بمعنى أن معرفة درجة حرارة جملة ما،

تعني أن هذه الجملة تشكل عضواً من مجموعة جمل متكافئة. ويمكن التعبير بدقة رياضية عن مجموعة الجمل هذه، لا عن الجملة المعزولة المدروسة. وبهذا الاكتشاف خطا جيبس، في حقيقة الأمر ودون شعور تام لديه، خطوة كانت لها نتائج من الأهمية بمكان. وهكذا كان جيبس أول من أدخل مفهوماً فيزيائياً لا يمكن أن ينطبق على غرض من الطبيعة إلا إذا كانت معرفتنا عن هذا الغرض ناقصة. فاذا كانت، مثلاً، حركات جميع جزيئات الغاز وامكنتها معروفة فان الحديث عن درجة حرارة هذا الغاز لا يعود له معنى. فمفهوم درجة الحرارة لا يمكن استعماله إلا إذا كانت الجملة معروفة بشكل منقوص وأردنا استخلاص نتائج إحصائية من هذه المعرفة الناقصة.

٣

الخواص الاحصائية لنظرية الكم

بالرغم من أن المعرفة النـاقصة عن الجملـة الماديـة قد دخلت، منذ اكتشافات جيبس وبولتزمان، في صياغة قوانين الفيزياء فان مبدأ السببية لم يتم التخلي عنه إلى أن ابتدع ماكس بلانك PLANCK نظرية الكـم. فمـن خلال دراستـه لظاهـرة الاشعاع الحراري لم يجد بلانك في بادىء الأمر سوى عنصر انقطاع واحد في ظاهرة الاشعاع. وقد أثبت أن الذرة المشعة لا تصدر طاقتها بشكل مستمر بل بشكل دفقات متقطعة. وهذا الاصدار الطاقي المتقطع، ككل سمات نظرية الكم، يقود إلى الافتراض بأن إصدار الاشعة آلية إحصائية. وبعد خمس وعشرين سنة تم التأكد

حقاً من أن نظرية الكم تستلزم أن نعطي القوانين صيغة احصائية وأن نتخلى عن مبدأ السببية. ومنذ أعمال آينشتاين وبور وسومرفلد اتضح أن نظرية بلانك تفتح الباب على مصراعيه لفهم فيزياء الذرة. فقد أمكن، بواسطة النموذج الذي اقترحه رذرفورد وبور، شرح التفاعلات الكيميائية؛ ومنذ ذلك الوقت انصهرت الكيمياء والفيزياء وفيزياء النجوم في كل واحد. أما فيما يخص الصياغة الرياضية للقوانين وفق نظرية الكم فقد اقتضى الأمر هجران مبدأ السببية الصرفة. وبما أنني لا أستطيع أن أشرح تلك المعادلات الرياضية فأقتصر على الإشارة إلى بعض الأمور التي تعبر عن الموقف الفريد الذي يقفه الفيزيائي في الفيزياء الذرية. فقبل كل شيء يمكن أن نعبر عن الاختلاف بين الفيزياء المعاصرة والفيزياء القديمة بما يسمى علاقة الارتياب (أو عدم التعين). فقد ثبت أن من المستحيل أن نعين، في وقت معاً وبالدقة التي نتوخاها، مكان جسيم مادي وسرعته. فبالامكان تعيين مكانه بالضبط، لكن تدخل جهاز الرصد يمنعنا، إلى حد ما، من أن نعرف سرعته؛ والعكس بالعكس: أي أن قياس سرعته بالضبط، يحول دون معرفة مكانه بدقة. وثابت بلانك هو حد أدنى لجداء الارتيابين في تعيين هذين المقدارين. وهذه المقولة تُبرز على كل حال، السبب الذي

يجعل مفاهيم ميكانيك نيوتن عاجزة بعد الآن عن أن تدفعنا إلى الامام لأن حساب العملية الميكانيكية يستدعي أن نعرف مكان الجسيم وسرعته كليهما وفي وقت واحد، وهذا بالضبط ما تدّعي نظرية الكم استحالته. وقد أدخل بور، بواسطة صيغة أخرى، مفهوم **الخاصة التامية**. ويقصد بذلك أننا يمكن أن نستخدم عدة صور واضحة لتوصيف الجمل الذرية، من تجربة لأخرى، وأن هذه الصور تتنافى، مع ذلك، فيما بينها. فمن الممكن مثلاً أن نرى في ذرة بور صورة جملة كوكبية مصغرة، تحتل النواة مركزها وتدور الالكترونات حول النواة. وفي تجارب أخرى يصبح مع ذلك من المفيد أن نمثل الذرة بنواة محاطة بمجموعة أمواج مستقرة يتحكم تواترها بالاشعاع الصادر عن الذرة. وأخيراً، يمكن أيضاً اعتبار الذرة غرضاً من أغراض الكيمياء فنستطيع حساب تفاعلها الحراري عندما تتحد مع ذرات أخرى لكننا لا نستطيع أن نعرف في الوقت نفسه حركات الالكترونات. ينتج من ذلك أن هذه الصور صحيحة شرط أن نحسن استعمالها، لكنها متناقضة فيما بينها، ولذلك يقال عنها إنها متتامة. والشك الذي يشوب كلاً من هذه الصور مصوغ بعلاقات الارتياب، وهو كاف لتجنب التناقضات المنطقية بين مختلف الصور. ودون أن ندخل في

تفاصيل رياضيات نظرية الكم نستدل من هذه المعالم أن **المعرفة الناقصة عن الجملة تمثل ولا بد جزءاً جوهرياً من محتوى نظرية الكم**. فقوانين هذه النظرية يجب أن تكون من روح إحصائية. وهاك مثالاً: نعلم أن كل ذرة راديوم قادرة على إصدار جسيمات ألفا. ونظرية الكم قادرة على حساب درجة احتمال أن تقذف النواة، في واحدة الزمن، جسيم ألفا؛ لكنها عاجزة عن التنبوء باللحظة التي يحدث فيها هذا القذف؛ فهذه اللحظة غير معينة من ناحية المبدأ. كما أننا لا نستطيع أن نفترض أننا سنكتشف في المستقبل قوانين جديدة تتيح تعيين تلك اللحظة بالضبط؛ لأن ذلك لو حدث لأعجزنا عن فهم السبب الذي يجعلنا نستمر في اعتبار الجسيم كموجة تغادر النواة، وهذا شيء تؤكده التجربة. فالخاصية العجيبة لشتى التجارب التي تؤكد الطبيعة الموجية بمقدار ما تؤكد الطبيعة الجسيمية للمادة الذرية، تجبرنا على صياغة قوانين إحصائية. لكن هذه السمة الاحصائية للفيزياء الذرية لا تلعب عموماً أي دور في مجال العمليات المحسوسة، لأن الاحتمال الاحصائي في هذا المجال كبير لدرجة يمكن معها اعتبار حدوث هذه العمليات في مرتبة اليقين المعين. صحيح أنه يوجد حالات تتوقف فيها العملية في المجال المحسوس على تصرف ذرة واحدة أو

بضع ذرات، وعندها لا يمكن التنبؤ بهذه العملية إلا إحصائياً. ولإثبات ذلك أسوق هذا المثال الشهير والكريه معاً، مثال القنبلة الذرية. يمكن، في القنبلة العادية، أن نحسب سلفاً قوة الانفجار انطلاقاً من وزن المادة المتفجرة ومن تركيبها الكيميائي. أما القنبلة الذرية فنستطيع أن نقدِّر حداً أعلى وحداً أدنى لقوة انفجارها؛ لكننا، من ناحية المبدأ، يستحيل علينا أن نحسب هذه القوة سلفاً وبالضبط، لأنها تتوقف على تصرف عدد صغير من الذرات أثناء عملية الإشعال. ويوجد على الأرجح عمليات مماثلة في البيولوجيا ــ وقد لفت جوردان JORDAN النظر اليها بصورة خاصة ــ حيث تحدث أمور في السلم البشري تحكمها عمليات تقوم بها بضع ذرات منفردة؛ ويبدو أن هذا ما يحدث خصوصاً أثناء طفرات الجينات (المورثات) في عملية الوراثة. ولقد اخترنا هذين المثالين كي نبرز النتائج العملية للخاصية الاحصائية لنظرية الكم؛ فلقد تعين خط نموها منذ أكثر من أربعين عاماً، ولا مجال لأن نتكهن الآن بتغير مبدئي في المستقبل.

٤

تاريخ فيزياء الذرة

على أن العقد الخمسين من هذا القرن شهد نشوء وجهة نظر جديدة انضمت إلى مجموعة مسائل السببية. ووجهة النظر هذه انبثقت، كما ذكرنا آنفاً، من التطور الحديث لعلم الذرة. فالمسائل المركزية الحالية هي النتاج المنطقي لتقدم هذا العلم خلال القرنين الماضيين؛ ولهذا السبب علينا أن نعود قليلاً إلى تاريخ أطواره الحديثة. ففي بدء العصر الحديث كان مفهوم الذرة متصلاً بمفهوم العنصر الكيميائي. فكان الجسم البسيط متميزاً بواقع عدم إمكان تفكيكه كيميائياً، مما جعل كل عنصر كيميائي ذا نوع من الذرة خاص به. أي أن أي جزء من عنصر الكربون، مثلاً، يتألف بتمامه

من ذرات كربون، كما أن أية قطعة من الحديد تتألف بتمامها من ذرات حديد. وكان لا بد، والأمر هكذا، من قبول وجود عدد من أنواع الذرات يساوي عدد العناصر المعروفة. وبما أن عدد العناصر المعروفة كان قد بلغ ٩٢ عنصراً كيميائياً، فلا بد من القبول بوجود ٩٢ نوعاً من الذرات. لكن مثل هذه الفكرة لم تكن مرضية لتكون أساساً مبدئياً للعلم الذري. فلقد كان، في الأصل، مفترضاً أن تتفسر خصائص المادة بمواضع الذرات وحركاتها. وهذه الفكرة تبدو خالية من أية قيمة تفسيرية، إلا إذا كانت الذرات كلها من نوع واحد أو كان لا يوجد إلا عدد ضئيل من الأنواع، أي إذا كانت الذرات لا تملك أية نوعية. لكن عندما يتوجب علينا أن نتقبل ٩٢ ذرة من نوعيات مختلفة، فان القول بوجود أشياء مختلفة نوعياً يصبح تحصيل حاصل لا يغنينا في شيء كثير. ولهذا السبب كانت فكرة وجود ٩٢ جسيماً تعتبر، منذ القديم، فكرة غير مرضية، وكان أن افتُرض إمكانية إرجاع هذا العدد، ٩٢، من الأنواع الذرية إلى عدد أصغر من مركبات أولية. وبذلك لجيء سريعاً إلى افتراض أن الذرات الكيميائية نفسها تتألف من تكتل أنواع أولية قليلة العدد. والحق أن أقدم المحاولات، في تحويل مادة كيميائية إلى أخرى، كانت تعتمد على فرضية تجانس المادة رغم

المظاهر. وقد ثبت في الواقع مع أوائل هذا القرن أن الذرات الكيميائية تتألف من انضمام ثلاثة أجناس من الجسيمات العنصرية نسميها بروتونات ونترونات والكترونات. فنواة الذرة تتألف من تكتل بروتونات ونترونات، ويدور حول النواة عدد من الالكترونات. فنواة ذرة الكربون، مثلاً، تتألف من ستة بروتونات وستة نترونات، وتدور على مسافة كبيرة نسبياً منها ستة الكترونات. وهكذا أصبح لدينا، بدلاً من ٩٢ نوعاً ذرياً وبفضل تقدم الفيزياء النووية خلال الثلاثينات من هذا القرن، ثلاثة أجناس فقط من الجسيمات. ففيزياء الذرة قد نهجت إذن المنهج الذي كان قد خطه لها روادها الأوائل. ومنذ أن ثبت أن كل الذرات الكيميائية مصنوعة من ثلاثة عناصر أساسية لم يعد يوجد ما يحول مبدئياً دون تحويل العناصر الكيميائية بعضاً إلى بعض. ومعلوم أن التنفيذ التقني لهذا التحويل لم يتأخر كثيراً عن الاكتشاف الفيزيائي. فمنذ أن اكتشف أوتو هان HANN، عام ١٩٣٨، **تفكك الأورانيوم** وما تبع ذلك من تقدم تقني، أصبحت هذه العمليات واسعة الانتشار.

على أن اعوام العقد الرابع والخامس من هذا القرن شهدت

اختلاطاً جديداً في هذه الصورة . فبالاضافة إلى الجسيمات الثلاثة المذكورة آنفاً ، البروتون والنترون والالكترون ، اكتشفت منذ الثلاثينات جسيمات أخرى ما لبث عددها أن تزايد على مر السنين حتى بلغ أرقاماً مخيفة . وهي برمتها جسيمات عنصرية ، إلا أنها ، على عكس الثلاثة الأولى ، ليست مستقرة ، أي أن فترات حياتها لمحات خاطفة . وأحد هذه الأجناس ، وقد منح اسم ميزون meson ، لا يعيش إلا زمناً من رتبة جزء من مليون جزء من الثانية ؛ وجنس آخر لا يعيش أكثر من عُشر عشر هذه البرهة ، وجنس ثالث لا يتعدى واحداً من مليون مليار من الثانية . وفيما عدا ذلك تتصرف هذه الجسيمات ، بالمجمل ، كالجسيمات الثلاثة المستقرة الأولى . ويبدو ، للوهلة الأولى ، أننا مسوقون من جديد إلى القبول بوجود عدد كبير من الجسيمات العنصرية المختلفة الأجناس ؛ مما يعيدنا الى نقطة البدء اللامرضية في رأي رواد فيزياء الذرة . على أن التجارب التي صاحبت هذه الاكتشافات قد أظهرت أن هذه الجسيمات يمكن، في حوادث التصادم، أن تتحول بعضاً إلى بعض مع انتقال كبير في الطاقة . فعندما يتصادم جسيمان عنصريان ، مزودان بطاقة حركية كبيرة ، يتولد من تصادمهما جسيمات جديدة ناجمة عن تحول الجسيمين الأصليين

وطاقتيهما إلى مادة جديدة. وإن أبسط توصيف لهذه الظاهرة هو أن نقول: إن الجسيمات العنصرية كلها مصنوعة، في جوهرها، من قماش واحد (هيولة واحدة) وأنها بمفرداتها لا تمثل سوى حالات شتى ومستقرة من كائن واحد. وبهذه الصورة نكون قد اختصرنا، مرة أخرى، عدد العناصر الأساسية الثلاثة إلى العدد واحد. **لا يوجد سوى مادة متجانسة واحدة، لكنها يمكن أن توجد في حالات شتى متقطعة ومستقرة**. بعض هذه الحالات متزنة، البروتون والنترون والالكترون، والأكثرية الأخرى قلقة.

٥

نظرية النسبية وانحلال الحتمية

إن النتائج التجريبية، في السنين الماضية، لا تدع مجالاً للشك في أن الفيزياء الذرية ستتقدم في هذا الاتجاه. ومع ذلك لم يمكن بعدُ التوصل إلى صيغة رياضية لقوانين تشكل الجسيمات. تلك هي المسألة التي يعالجها اليوم فيزيائيو الذرة، إما بتجارب تكشف لهم جسيمات يدرسون خصائصها، وإما بنظريات يحاولون بواسطتها إقامة علاقات فيما بين خصائص هذه الجسيمات ثم صياغة هذه الخصائص رياضياً.

وخلال هذه المحاولات برزت مصاعب تخص مفهوم الزمن. فعندما نعالج التصادم فيما بين الجسيمات العنصرية العظيمة

الطاقة يجب أن يحسب حساب بنية المكان – الزمان لنظرية النسبية الخاصة. ولئن كانت هذه البنية لا تلعب إلا دوراً ثانوياً في النظرية الكمومية لموكب الالكترونات حول النواة، بسبب صغر سرعتها، فاننا هنا أمام جسيمات قريبة سرعتها من سرعة النور؛ وبذلك لا يمكن توصيف سلوكها إلا بالاستعانة بنظرية النسبية. ففي أوائل هذا القرن اكتشف آينشتاين أن بنية المكان – الزمان ليست بالبساطة التي نتمثلها في الحياة اليومية. لنعرّف الماضي بأنه مجموعة الحوادث التي يمكن، مبدئياً، أن نعلم بها، والمستقبل بأنه مجموعة الحوادث التي يمكن، مبدئياً، أن نؤثر في مجراها. في هذه الحالة نستطيع أن نتصور بسذاجة أنه يوجد بين هاتين المجموعتين مدة لا متناهية في الصغر يمكن أن نسميها الحاضر. ذلك هو التمثيل الذي اعتمده نيوتن في بناء ميكانيكه. لكننا نعلم منذ اكتشاف آينشتاين، عام ١٩٠٥، أن بين ما أسميناه ماضياً وما أسميناه مستقبلاً يوجد فاصل زمني منته (أي غير لا متناه في الصغر) تتوقف مدته على المسافة المكانية التي تفصل الحادث عن الراصد. ففترة الحاضر لا تقتصر على مدة لا متناهية في الصغر. ونظرية النسبية تقبل، وهذا أحد مبادئها، أن أي فعل (أي: تأثير شيء في شيء آخر) لا يمكن أن ينتقل بسرعة أكبر من سرعة

النور. إن هذا الوجه من وجوه النسبية هو الذي يخلق لنا المتاعب فيما يخص علاقات الارتياب في نظرية الكم. فبموجب نظرية النسبية لا تنتشر الأفعال إلا في مجال يتداخل فيه المكان بالزمان لينشأ عن انصهارهما معاً شيء واحد يسمى المكان ــ الزمان. وهذا المجال ذو حدود معينة تماماً بما يسمى مخروط الضوء، أي بنقاط المكان ــ الزمان التي تصل إليها الموجة الضوئية التي تنطلق من مركز الفعل. فهذا المجال، ونلح على هذه الخاصة، هو إذن محدد بدقة. أما نظرية الكم، من جهة أخرى، فتدل على أننا، عندما ندقق في الموضع ونحدد المكان بدقة، فان السرعة تصبح غير معينة بتاتاً وكذلك الاندفاع والطاقة. وهذا يدل عملياً على أننا لو حاولنا أن نصوغ رياضياً الفعل المتبادل بين الجسيمات لظهر دوماً عدد لا نهائي من قيم الطاقة والاندفاع، وهذا العدد يمنع أية صيغة رياضية مرضية. وقد جرت محاولات عديدة باءت كلها بالفشل. ويجب، في الوقت الحاضر، أن نكتفي بفرضية أن المكان والزمان، في المجالات اللامتناهية في الصغر التي من رتبة كبر الجسيمات، يفقدان كل مدلول دقيق، أي أننا لا نستطيع أن نجد تعريفاً حتى لكلمتي قبل وبعد في مجالات زمنية بمثل هذا الصغر. وبالطبع، لا يتغير شيء في بنية المكان ــ الزمان على امتداد واسع، لكننا يجب

أن لا نستبعد امكانية أن ينعكس اتجاه الترتيب السببي لبعض العمليات التي تخص تجارب تتناول مجالات من المكان ــ الزمان لا متناهية في الصغر. وهنا يرتبط من جديد أحدث تطورات فيزياء الذرة بمسألة قانون السببية. وليس بعد من الممكن أن نقول فيما إذا كان سيظهر انحرافات وتناقضات جديدة مع هذا القانون. وقد يحدث، لدى محاولة صياغة قوانين الجسيمات، أن نكتشف إمكانيات جديدة تتيح لنا أن نتجنب هذه الصعوبات. لكننا، ومنذ الآن، لا نملك أسباب الشك بواقع أن فيزياء الذرة الحديثة، عند هذه النقطة من تطورها، قد تجاوزت الحدود إلى مجال الفلسفة. ولا نستطيع أن نجيب إجابة نهائية عن كل تلك المسائل إلا بعد أن نصبح قادرين على صياغة رياضية للقوانين الطبيعية في مجال الجسيمات؛ عندما نعرف، مثلاً، لماذا يزن البروتون ١٨٣٦ مرة من وزن الالكترون.

إن كل هذا جعلنا ندرك أن الفيزياء الذرية تخرج أكثر فأكثر عن نطاق الصورة الحتمية. ذلك أننا، أولاً ومنذ بدء علم الذرة، تقصَّدنا أن نتخذ القوانين المتحكمة في العمليات المحسوسة كقوانين إحصائية. ونحن، مبدئياً، كنا ما نزال نحتفظ بالحتمية،

لكننا كنا، عملياً، نعتمد على خاصية نقصان معرفتنا عن الجمل الفيزيائية. ونقصان هذه المعرفة أصبح بعدئذ، وخلال النصف الأول من هذا القرن، يعتبر جزءاً جوهرياً من النظرية. وأخيراً، بسبب ما اكتشف منذ عهد قريب من أن مفهوم تسلسل الحوادث، في مجال الفترات والمسافات اللامتناهية في الصغر، يكاد يصبح مشكلة قائمة؛ رغم أننا لا نستطيع أن نقول بعد كيف ستحل هذه الألغاز.

العلاقات بين الثقافة الهادفة إلى السمو بالإنسان وعلوم الطبيعة والغرب

١

الحجج التقليدية لصالح الثقافة التي تهدف إلى السمو بالانسان

غالباً ما يتساءل المرء عما إذا كانت المعارف المكتسبة في المدرسة ذات طابع نظري أكثر من اللازم، غريبة جداً عن العالم؛ ويخطر له أن التأهيل العلمي، في عصرنا المتميز بالتقنية وعلوم الطبيعة، قد يكون أنجع في اعدادنا للحياة بشكل أوفى بالغرض. إن هذه التساؤلات تقود إلى المسألة، المطروحة مراراً، التي تبحث في الصلات القائمة بين الثقافة التي تهدف إلى السمو بالانسان وبين علوم الطبيعة الحديثة. وبما أنني لست مربياً ولم أفكر بهذه المسألة إلا قليلاً، فلا يسعني أن أعالجها في أعماقها. لكنني

يمكن أن احاول استذكار تجربتي الخاصة؛ فقد داومت على المدرسة الثانوية، وبذلك خصصت القسم الأكبر من عملي لعلوم الطبيعة.

لنفحص الأسباب التي دعت أنصار الفكر الإنساني إلى الايصاء دوماً بدراسة اللغات القديمة وتاريخ الأقدمين. فهم يؤكدون، وبكل حق، أن كل حياتنا الثقافية وأعمالنا وأفكارنا ومشاعرنا متأصلة في أرضية الغرب الروحية؛ أي في تلك الروحية التي تولدت منذ القديم؛ والتي انبتت، في بدئها، الفن والشعر والفلسفة الاغريقية؛ والتي عانت بعدئذ، ومن خلال المسيحية وتأسيس الكنيسة، ثورتها الكبرى؛ والتي أمسكت، في نهاية الأمر ومع انتهاء العصور الوسطى، بناصية العالم، ملكوت الله، بفضل الجمع الرائع بين الايمان المسيحي وحرية الفكر التقليدية، وانقلبت رأساً على عقب بفضل تقدم علوم الطبيعة والتقنية. ونتيجة ذلك أننا، بمجرد أن ننظر إلى أعماق الأمور، في كل مجال من مجالات الحياة العصرية ومن حيث المنهجية والتاريخ والفلسفة، نلتقي دوماً هذه البنى الروحية التي نشأت في العصور القديمة وفي الديانة المسيحية. وبذلك يمكننا أن نقول، لصالح النزعة الانسانية

في التعليم الثانوي، أن من الخير أن نعرف تلك البنى حتى ولو كانت، في كثير من مظاهر الحياة العلمية، لا تبدو شيئاً لا غنى عنه.

إن أنصار النزعة الانسانية يؤكدون أيضاً أن ثقافتنا الغربية قد انبثقت كلها، وما تزال تستمد كل قوتها، من الصلة الوثيقة بين أسلوب طرح القضية المبدئية وبين افعالنا العملية. فمن حيث الفعل العلمي يوجد شعوب وحضارات أخرى أثبتت أنها لا تقل فطنة عن حضارة الاغريق. لكن ما كان، منذ البدء، يميز الفكر الاغريقي عن سواه هي ملكة الارتفاع بالمسألة المطروحة إلى مستوى المبدأ، مما يتيح الوصول إلى رؤية ترتب فوضى الخبرات والتجارب وتجعلها سهلة المتناول على الفكر البشري. فهذه الصلة بين طريقة طرح المبدأ وبين العمل الفعلي هي التي ميزت الاغريق عن سائر الشعوب؛ وهذه الصلة نفسها شكلت، إبان الانطلاقة الجديدة للغرب في عصر النهضة، محور تاريخنا وانبتت علم الطبيعة والتقنية الحديثين. فعندما نهتم بالفلسفة الاغريقية نصادف في كل خطوة تلك الموهبة في صياغة المبدأ. فقارىء الكتب الإغريقية يملك إذن امكانية التمرن على استعمال

اكثر الوسائل الثقافية، التي صنعها الفكر الغربي، نجاعة واقتداراً. وهكذا نستطيع أن نؤكد أن التعليم ذا النزعة الانسانية يقدم لنا شيئاً جد مفيد.

وثالثاً وأخيراً، يؤكد أنصار النزعة الانسانية، وبحق أيضاً، أن مصاحبة القدماء ترسم للمرء سُلماً من القيم تتغلب فيه الروحانيات على الماديات. فعند الاغريق بالتحديد نرى بوضوح سمو القيم الروحية في كل ما تركوا من آثار. اننا نعلم أن معاصرينا يستطيعون أن يعترضوا في هذه الناحية، بأن عصرنا الحالي يثبت أهمية السلطة المادية والمواد الأولية والصناعة، وأن السلطة المادية تفوق كل سلطة روحية. كما يقولون بأنه ليس من الملائم بتاتاً، في عصرنا هذا، أن نعلم أولادنا الاسراف في احترام القيم الروحية بالقياس إلى الأمور المادية.

إن هذا الاعتراض يذكرني بمحادثة جرت منذ ثلاثين عاماً في باحة الجامعة. فقد كانت مونيخ آنئذ مسرحاً لصراعات ثورية، وكان الشيوعيون ما يزالون يحتلون مركز المدينة؛ وكنت مع رهط من رفاق صفي ـــ كان عمري يومئذ سبع عشرة ـــ نؤلف رديفاً لمجموعة عسكرية اتخذت المدرسة الاكليركية، قبالة

الجامعة، مقراً لها. لم أعد اتذكر بالضبط ما كانت دوافعي. لكن مما لا شك فيه أن تلك الاسابيع، التي جعلتنا نلعب دور العسكر، كانت تمتعنا بالهائنا عن دروسنا في معهد مكسيميليان. وكان شارع لدفيغ يشهد أحياناً إطلاق نار دون حماس كبير. وكنا، ظهر كل يوم، نجلب حصتنا من الطعام من باحة الجامعة. وكان أن دخلنا ذات يوم في حديث مع أحد طلاب اللاهوت، حاولنا فيه أن نعرف فيما إذا كان لهذا الصراع من أجل مونيخ أي معنى في أعماقه. وهنا أصر أحد رفاقي بقوة على أن مسائل السلطة يستحيل حسمها بالوسائل الثقافية والخطابات والورقيات، وأن لا وسيلة سوى القوة لحسم الموقف بيننا وبين الآخرين.

عندها أجاب طالب اللاهوت أن مجرد البحث لتعيين من «نحن» ومن «الآخرون» يقود بكل وضوح إلى حل عقلاني، وأن من المرجح أن نستفيد أكثر بكثير لو تم اتخاذ القرار باسلوب معقول اكثر مما يجري. فلم نجد شيئاً نعترض به على هذه الملاحظة. فالسهم، بعد أن ينطلق من وتر القوس، يندفع في طريقه؛ ولا بد من قوة أعظم من قوة اندفاعه كي تحرفه عن

هدفه؛ على أن وجهته الأولى تتعين حصراً بارادة المسدد، ولو لم يكن يوجد مخلوق ذو ذهن وقدرة على التسديد لما تمكن السهم من الانطلاق. فلا يبدو إذن من العبث المسرف أن نعلّم الشبيبة أن لا تستهتر بالقيم الروحية.

٢

التوصيف الرياضي للطبيعة

لقد ابتعدت كثيراً عن هدفي الحقيقي وعلي الآن أن أعود إلى الفترة التي شهدت أول لقاء لي مع علوم الطبيعة في معهد مكسيميليان في ميونيخ. لأن ما أرغب حقاً في الكلام عنه هو العلاقات التي تقيمها علوم الطبيعة مع الثقافة ذات النزعة الانسانية. فمن خلال التعامل مع الأجهزة يخطو معظم التلاميذ أولى خطواتهم على أرض التقنية وعلوم الطبيعة. فالاقتداء بالزملاء وبعض هدايا عيد الميلاد، وحتى التعليم المدرسي، تثير الرغبة في اللعب بالآلات الصغيرة وفي صنع بعض منها. وهذا ما فعلته بحماس على مدى سنواتي الدراسية الخمس الأولى. وهذه

النشاطات كانت، مع ذلك، ستظل لعباً لا يقود إلى علم طبيعي حقيقي لولا أن طرأ حادث آخر. ففي المدرسة كانوا يعلموننا أوليات الهندسة؛ وكانت هذه المادة تبدو لي جافة جداً: فالمثلثات والمضلعات أقل إثارة للاهتمام من الزهور والقصائد. لكنني فجأة وبفضل السيد فولف، استاذنا الرائع في الرياضيات، انكشفت لي إمكانية إخضاع هذه الأشكال لمسلّمات عامة، أي أن بالمستطاع، ليس فقط رؤية بعض النتائج على الأشكال، بل والبرهان على هذه النتائج بطريقة رياضية.

فالقناعة بأن الرياضيات يمكن أن تتكيف مع أشياء مما بين أيدينا بدت لي مثيرة وجذابة. فحدث لي ما يحدث نادراً من خلال الأشياء الثقافية التي تعرض في المدرسة: فالتعليم، عادة، يعرض أمام أعيننا مختلف مناظر عالم الفكر دون أن نتمكن حقاً من التآلف معها. وبحسب كفاءة الأستاذ كان النور الملقى على هذه المناظر يتفاوت بين الضعف والشدة لدرجة أن الذاكرة لا تحتفظ بالصور إلا زمناً يطول ويقصر. لكن يحدث، في بعض الحالات النادرة، أن شيئاً من الأشياء التي تدخل في حقل النظر يأخذ بالالتماع من تلقاء نفسه ضعيفاً، في البدء، ثم ساطعاً؛ ثم

ينتهي الأمر بأن يحتل إشعاعه مكاناً من تفكيرنا يتوسع باستمرار حتى يتصل بأشياء أخرى ويغدو ، في النهاية ، جزءاً هاماً من حياتنا الشخصية .

واليكم ما حدث لي عندما أدركت أن الرياضيات تنطبق على أشياء تجاربنا . فكما تعلمت في المدرسة، كان فيثاغرس واقليدس الاغريقيان يعرفان ذلك . فذهبت وحدي ، مزوداً بدروس السيد فولف ، أجرب نفسي في الرياضيات فوجدت أن التسلية بتطبيق الرياضيات على ما كنت ادركه كان شيئاً لا يقل إمتاعاً عن معظم الألعاب الأخرى . وبعدئذ أصبحت الهندسة عندي مجالاً أضيق من أن يقدر على إمتاعي للدرجة التي أريدها . كما علمتني بعض الكتب أن الرياضيات تستطيع ، في مجال الفيزياء أيضاً ، أن تتحكم في تصرف بعض الأجهزة التي كنت أتدبر صنعها بنفسي . فرحت أدرس ، في مجموعة غوشن Göschen وبعض الكتب البسيطة الأخرى ، الرياضيات الضرورية لصياغة قوانين الفيزياء ، وفي مقدمتها حساب التفاضل والتكامل . فبدت لي اكتشافات نيوتن وخلفائه وكأنها استمرار مباشر لما كان الرياضيون والفلاسفة الاغريق يجهدون في تحقيقه ، وأكاد أقول انها متطابقة . حتى أنني لم

تراودني قط فكرة أن يكون هناك فرق أساسي بين علوم الطبيعة والتقنية وبين فلسفة فيثاغرس واقليدس.

الواقع أنني، بكل براءتي المدرسية ودون أن أشعر بذلك حقاً، أتاحت لي متعة التوصيف الرياضي للطبيعة أن أكتشف السمة الأساسية للفكر الغربي، اعني تلك العلاقة بين أسلوب طرح المبدأ وبين الفعل العملي. فالرياضيات تؤلف لغة يمكن بمساعدتها طرح المسألة وحلها؛ لكن المسألة ذاتها تتناول عملية من العالم العلمي والمادي؛ فالهندسة مثلاً تفيد في عملية مسح الأراضي الزراعية. وهذه التجربة جعلتني انجذب نحو الرياضيات أكثر من علوم الطبيعة ومن اجهزتي؛ ولم ترجح كفة الفيزياء من جديد في ميزان اهتماماتي إلا في السنتين النهائيتين من المعهد؛ ومن الغريب أن هذا الرجحان قد تم بفضل لقاء عرضي مع عيِّنة من الفيزياء الحديثة.

٣

الذرات والثقافة ذات النزعة الانسانية

كنا، في ذلك الوقت، نستخدم كتاباً في الفيزياء جيداً جداً في بعض النواحي رغم أنه كان، لسبب مفهوم، شحيحاً بعض الشيء في معالجة الفيزياء الحديثة. ومع ذلك كانت الصفحات الأخيرة تحوي بعض الارشادات الى الذرات، وقد احتفظت بذكرى حية لرسم توضيحي يُرى فيه عدد كبير من الذرات. كان هدف هذا الرسم، على ما يبدو، أن يمثل حالة غاز في السلم الجسيمي. كان يرى فيه مجموعات تتألف كل منها من عدد صغير من الذرات تربطها بعضاً ببعض ملاقط وكلاليب، وكان المقصود منها على الأرجح أن تمثل تراكيب كيميائية. كان

النص يقول بأن الذرات، على رأي **فلاسفة الاغريق**، تمثل من المادة أصغر أجزائها التي لا تنقسم. كانت هذه الصورة تثير في نفسي أشد الاعتراضات، وكنت مشمئزاً من أن يحوي كتاب فيزياء مدرسي مثل هذه السخافات. فقد كنت أقول في نفسي: لو كانت الذرات حقاً أجساماً تقع تحت الادراك الحسي بهذا الشكل البدائي الذي يريد الكتاب أن يقنعنا به، ولو كان لها أشكال معقدة لدرجة أن تملك ملاقط وكلاليب، لاستحال عليها إذن أن تكون أصغر أجزاء لا تتجزأ من المادة.

لقد وافقني على رأيي هذا صديق كنت قد صحبته في نزهات عديدة من نزهات منظمة شبيبية، وكان يهتم بالفلسفة أكثر مني بكثير. وهذا الصديق، الذي كان قد قرأ عدة دراسات تخص المذهب الذري عند قدماء الفلاسفة، كان قد وقع أيضاً على كتاب في فيزياء الذرة الحديثة (أظن أنه كان كتاب سومرفلد SOMMERFELD: **بنية الذرة والخيوط الطيفية**) ورأى فيه ذرات مرسومة بشكل واضح جداً. فاستنتج من ذلك عقيدة راسخة بأن فيزياء الذرة كانت كلها خاطئة، وحاول إقناعي بذلك. كانت أحكامنا آنئذ أسرع وأكثر يقيناً مما هي اليوم.

وكنت كصديقي أرى أنه لا بد أن تكون خاطئة كل صورة ترسم للذرة بوضوح. لكنني كنت أتحاشى أن أعزو هذا الخطأ إلى الرسام.

وعلى كل حال كنت أرغب في الحصول على معلومات أوسع بخصوص الأسس الحقيقية للفيزياء الذرية، وكان أن ساعدني في ذلك حادث طارىء آخر. ففي ذلك الوقت كناقد أتينا على دراسة إحدى حواريات أفلاطون. لكن الدروس كانت غير منتظمة. ولقد رويت أننا كنا نشكل، أثناء المعارك الثورية في مونيخ، رديفاً لفصيل عسكري مقيم في المدرسة الاكليركية قبالة الجامعة. ولم يكن مطلوباً منا أن نقوم بأعمال مرهقة بل، على العكس، كنا نخشى التسكع أكثر من الارهاق. فكان علينا أن نقوم ليلياً بحراسة دورية، بحيث كانت حياتنا أوقات فراغ بهيجة خارج سلطة الأهل والمدرسة.

كان الصيف حاراً جداً عام ١٩١٩، ولم يكن لدينا، في الصباح الباكر خصوصاً، أي عمل. وبذلك، غالباً ما كنت أنسحب، منذ بزوغ الشمس، إلى سطح المدرسة واتمدد، وفي يدي كتاب، في أحد مجاري مياه المطر أستدفىء بالشمس، أو

أجلس على حافة السطح أستمتع بيقظة الحياة في شارع لدفيغ. وذات يوم راودتني فكرة أن أصطحب إلى السطح أحد كتب أفلاطون رغبة في أن أقرأ شيئاً آخر غير النصوص المدرسية، فوقعت، مع معرفتي المتواضعة باللغة الاغريقية، على حواريات **تيمايوس** حيث استطعت أن اغترف، للمرة الأولى ومن منابعها، فلسفة الاغريق في الذرة. لقد ألقت هذه المطالعة أمامي ضوءاً ساطعاً على الأفكار الأساسية في علم الذرة؛ فاعتقدت أنني أدركت، جزئياً على الأقل، الاسباب التي دعت فلاسفة الاغريق إلى التفكير في لبنات المادة، كلامتناهيات في الصغر لا تتجزأ. صحيح أن الطرح الذي يدافع عنه أفلاطون في تيمايوس، من أن الذرات أجسام حقيقية، لم يبدُ لي واضحاً تماماً؛ إلا أنني كنت راضياً أن أعلم أن هذه الذرات لا تملك ملاقط ولا كلاليب. وعلى كل حال تولد لدي، منذ ذلك التاريخ، الاقتناع بأن من الصعب جداً أن نستطيع دراسة فيزياء الذرة الحديثة دون أن نعرف فلسفة الاغريق في الطبيعة؛ وقدَّرت أن الرسام الذي رسم تلك الصورة التي تمثل الذرات كان يفعل خيراً لو درس أفلاطون بعمق، قبل أن يضطلع بصنع تلك الرسوم التوضيحية.

وهكذا، وللمرة الثانية لا أدري كيف حدث ذلك، تآلفت

مع فكرة أساسية من فلسفة الاغريق في الطبيعة، فكرة نصبت جسراً بين العصور القديمة والعصور الحديثة ولم تنتشر قوتها الهائلة إلا منذ عصر النهضة. وقد جرت العادة على إطلاق اسم المادية على تلك النزعة في الفلسفة الاغريقية، أي النظرية الذرية في عرف لوسيبوس وديمقريطس. لكن هذه التسمية، رغم صحتها التاريخية، تحتمل الالتباس بسهولة في أيامنا هذه، لأن كلمة «مادية» قد اكتسبت على امتداد القرن التاسع عشر معنى محدداً لا يتفق بتاتاً مع تطور فلسفة الاغريق في الطبيعة. ويمكن التخلص من هذا الفهم الخاطىء لعلم الذرة القديم إذا تذكرنا أن أول عالم حديث عاد، في القرن السابع عشر، إلى دراسة الذرة كان عالم الدين والفيلسوف غاسندي GASSENDI الذي لا يمكن اتهامه بأنه كان يرمي، من وراء دراسة هذا العلم، إلى محاربة تعاليم المسيحية. لنتذكر أيضا أن الذرات كانت، عند ديمقريطس، الحروف التي تفيد في تسجيل صيرورة العالم، لا محتوى العالم. أما مادية القرن التاسع عشر فهي، على العكس، قد تطورت انطلاقاً من أفكار ذات منبع آخر تماماً تتميز بها الأزمنة الحديثة وتعود أصولها حصراً إلى تقسيم العالم، بفعل ديكارت، إلى حقيقة مادية وحقيقة روحية.

٤

علوم الطبيعة والثقافة ذات النزعة الانسانية

إن تيار علوم الطبيعة والتقنية الدافق الذي يخترق عصرنا يصدر إذن عن منبعين ينتميان إلى الفلسفة الاغريقية. وبالرغم من الروافد العديدة التي صبت في مجرى هذا النهر المخصب فان أصله الأصيل ما يزال ماثلاً للعيان. وبهذا المعنى ستجد علوم الطبيعة إذن غذاءها النافع في الثقافة ذات النزعة الانسانية. صحيح أن دعاة الثقافة العلمية القادرة على اعداد الشبيبة للصراع من أجل الوجود يستطيعون الرد، في كل الأحوال، بأن معرفة تلك الأسس الروحية ليست، رغم كل شيء، ذات نفع كبير في الحياة العملية. فهم يقولون بأن المقدرة على الاحتفاظ بالمكانة تتطلب اكتساب

المواهب العملية في الحياة العصرية : اللغات الحية ، طرائق التقنية ، المهارة التجارية والتعامل مع الأرقام . أما الثقافة الهادفة إلى السمو بالانسان فلا تعدو أن تكون حلية أو ترفاً لا يتاح إلا للقلة المختارة ممن قُدر لهم أن يكون كفاحهم من أجل الوجود أسهل من كفاح سواهم .

إن هذا الكلام يمكن أن ينطبق على أولئك الذين يريدون أن يسخروا حياتهم لأهداف عملية حصراً ، وليس في نيتهم أن يساهموا شخصياً في التكييف الروحي لعصرنا . لكن الانسان المتعطش دوماً إلى التوغل نحو أعماق الأمور في كل مجال ، تقنياً كان أم طبياً، أم غير ذلك ، سيصادف ، عاجلاً أو آجلاً ، تلك المنابع القديمة وسيجد لأعماله الشخصية مزايا عديدة عندما يأخذ عن الاغريق مبادىء تفكيرهم وأسلوبهم في طرح المسائل المبدئية . ففي أعماق بلانك ، مثلاً ، يبدو لي بوضوح أنه قد تأثر وأخصب أفكاره بتعاليم النزعة الانسانية . وبهذه المناسبة أستأذن القارىء في أن أروي له ، مرة أخرى ، تجربة شخصية تعرضت لها بعد ثلاثة أعوام من انهاء دراستي الثانوية . كنت يومئذ في جامعة غوتنغن اتحدث مع أحد رفاقي في مسألة فهم الذرات ، تلك المسألة التي ما فتئت

تقلقني منذ المدرسة والتي أصبحت تبدو لي لغزاً من خلال ظواهر الطيف التي ما تزال عصية على الادراك. وقد اتخذ صديقي جانب الدفاع عن الصورة الحسية وادعى أن مشاهدة الذرة لا تتطلب أكثر من أن نصنع، بفضل التقنية الحديثة، مجهراً ذا تجسيم عظيم تحل فيه أشعة غاما مثلاً محل الأشعة الضوئية العادية؛ وبفضله يتاح لنا، في رأيه، أن نرى حتى شكل الذرة مباشرة، مما يقضي على تحفظاتي إزاء الصورة الحسية للذرة.

لقد سبب لي رأي صديقي هذا قلقاً عميقاً. كنت أخشى، رغم كل شيء، أن أعود فأرى، في هذا المجهر الخيالي الملاقط والكلاليب المرسومة في كتابي المدرسي؛ وهذا ما أجبرني على التفكير في التناقض الظاهر القائم في هذه الممارسة الفكرية التي تتخذ الأفكار الفلسفية الاغريقية أساساً في هذا المجال. وفي هذا الموقف كان الالتزام بفكرة تنطلق من مبادىء مكتسبة في المدرسة يشكل عندي حرزاً متيناً ويدعوني دوماً إلى عدم الاكتفاء بأنصاف الحلول الظاهرية؛ وفوق ذلك كانت المعرفة التي اكتسبتها عن الفلسفة الاغريقية ذات نفع لي عظيم.

وعلى هذا المنوال، إذا تناولنا اليوم مسألة قيمة الثقافة ذات

النزعة الانسانية فان القول بوجوب الرجوع إلى فلسفة الطبيعة لا يبدو لي مقتصراً على مجال الفيزياء الحديثة وحدها، فقد تنطرح مسائل من هذا القبيل في مجالات أخرى من علوم الطبيعة وفي التقنية وفي الطب. وهذا مؤكد لسبب بسيط هو أن العديد من الفروع العلمية ترتبط في اعماقها ارتباطاً وثيقاً بفيزياء الذرة وستتعرض إذن، مثلها، إلى قضايا مبدئية من النوع نفسه. فبناء الكيمياء يعتمد، في أساسه، على فيزياء الذرة؛ وعلم الفلك الحديث منوط بها وقلما يستطيع التقدم بدونها؛ حتى أن البيولوجيا بدأت تمد جسوراً نحو فيزياء الذرة. والواقع أن العقود الماضية الأخيرة من السنين قد شهدت بروزاً للوشائج التي توحد شتى علوم الطبيعة بوضوح أكثر من ذي قبل. وغالباً ما نرى فيها كلها شواهد على أصلها الواحد؛ وهذا الأصل المشترك يعود في النهاية إلى الفكر القديم.

٥

الإيمان بمهمتنا

وبالوصول إلى هذه النتيجة أكون قد عدت تقريباً إلى نقطة انطلاقي. ففي أصل الثقافة الغربية نجد تلك العلاقة الوثيقة التي أقامها الاغريق بين منطوق المسألة المبدئية وبين الفعل العملي. وعلى هذه العلاقة ما تزال تقوم اليوم قوة حضارتنا. ويكاد كل تقدم نحرزه في هذه الأيام يكون مشتقاً منها. وعلى هذا فإن الانتصار للثقافة الانسانية يعني، بكل بساطة، الانتصار للغرب وقوته الولودة للثقافة.

ولكن هل ما زلنا نحتفظ بهذا الحق ونحن نرى أن سلطان الغرب ونفوذه يتناقصان على مدى العقود الأخيرة من السنين

وبتسارع مخيف؟ وعن هذا التساؤل نجيب أولاً أن القضية هنا ليست قضية ما لنا من حقوق أو شيء من هذا القبيل، وإنما هي حصراً قضية ما نريده. فالواقع أن نشاط الغرب لا ينطلق كله من فكرة نظرية اعتمدها أجدادنا مستند حق في عملهم. فقد كان في البدء الايمان (والايمان موجود في كل حالة مماثلة). ولا أقصد فقط الايمان المسيحي في عالم نسقه الله فأحسن تنسيقه، وإنما أقصد أيضاً، وبكل بساطة، الايمان المتمثل بالعقيدة في مهمتنا في الحياة الدنيا. والعقيدة، بالطبع، لا تعني هنا الحكم على صحة هذا وخطأ ذاك، بل تعني ما قررت أن أفعله وما نذرت حياتي له! فعندما أضطلع كريستوف كولمبس بالرحلة نحو الغرب كان يعتقد أن الأرض كروية وصغيرة لدرجة يمكن معها أن يقوم برحلة حولها. فليس فقط أن هذه النظرية كانت تبدو له صحيحة، بل إنه نذر حياته لها. وفي هذا الخط أيضاً، وفي تاريخ أوروبا كما رواه فريير FREYER مؤخراً، يستخدم هذا المؤلف وهو يتحدث عن هذه الأمور الجملة المأثورة: «إنني اعتقد كي أفهم»؛ ولدى استخدامها في الكلام عن الأسفار توسع فيها باضافة كلمات معترضة فاصبحت: «اعتقد كي أعمل؛ أعمل كي أفهم». إن هذا القول لا ينطبق فقط على الرحلات الأولى بل ينطبق أيضاً على

علوم الطبيعة الغربية كلها ، بل أقول : على رسالة الغرب برمتها . فهو يحتوي على الثقافة ذات الهدف الانساني وعلى علوم الطبيعة معاً . وأنا هنا لا أريد أن أبالغ في التواضع ، ولذلك أقول : إن نصف العالم المعاصر ، أي الغرب ، قد بلغ من القوة مرتبة لا تضاهى حين حقق ، لدرجة لم يعهدها أحد من قبل ، الفكرة الغربية في السيطرة على القوى الطبيعية وفي استثمارها بواسطة العلم. أما النصف الآخر ، أي الشرق ، فقد استمد تماسكه من الثقة التي وضعها في المذاهب العلمية التي طرحها فيلسوف واقتصادي أوروبي . ولا أحد يدري ما يخبئه لنا المستقبل ولا من سيملك السلطات الروحية التي ستحكم العالم ؛ لكن من واجبنا أن نعتقد بشيء ما وأن نريد تحقيق شيء ما .

إننا نريد للحياة الروحية أن تزدهر من جديد، وأن يستمر ، هنا في أوروبا ، نشوء الأفكار التي تتحكم في هيئة العالم. ونحن نراهن بوجودنا على أن ظروف العيش المادية في أوروبا ستصبح أسعد مما كانت عليه منذ بداية القرن الحالي، شرط أن نحسن استذكار أصلنا وأن نجد السبيل للتعاون المتناسق فيما بين القوى الموجودة في قارتنا . ونريد ، رغم الفوضى الخارجية ، أن ينمو شبابنا

في الجو الروحي الغربي وأن يغترفوا من مناهل القوة التي غذت قارتنا على امتداد أكثر من ألفي سنة. ويجب أن لا نولي التفاصيل سوى اهتمام ثانوي؛ فليس من المهم جداً أن ننتصر للتعليم الانساني أو لأي نظام تعليمي آخر. لكننا، في كل الأحوال وقبل كل شيء، يجب أن ننتصر للغرب.

المناهِل التاريخيَّة

ـ ١ ـ

بدايات علوم الطبيعة الحديثة

لقد جهدنا في العرض السابق في ابراز المسائل التي تنطرح على الانسان المعاصر من جراء التغيرات التي طرأت على الفيزياء وعلى العلوم الطبيعية الأخرى والتي أسبغت معنى خاصاً على التطورات التاريخية. وبمستطاع القارىء أن يتتبع هذا التحول في تفهم العلوم الطبيعية من خلال بعض النصوص التاريخية.

ومن الواضح أن هذه الشواهد القصيرة لا تكفي للاستدلال، ولو بصورة تقريبية، على جميع المناهل. فهي لا تطمح لأكثر من إلقاء الضوء على بعض المنعطفات الرئيسية في تاريخ العلوم الطبيعية والقادرة على الاسهام في توضيح العرض السابق.

يوهانيس كبلر

(٢٥ كانون الأول، ديسمبر، ١٥٧١ ــ ١٥ تشرين الثاني، نوفمبر، ١٦٣٠)

في نهاية القرن السادس عشر وبدء القرن السابع عشر، كانت العلوم الطبيعية عموماً أسيرة أفكار القرون الوسطى التي كانت تعتبر الطبيعة، قبل كل شيء، خلقاً مما خلق الله.

فقد كتب كبلر، في مقدمة كتابه، **سر الكون**، ما يلي: «يوجد على الأخص ثلاثة أشياء لم آل جهداً في البحث عن أسبابها، الأسباب التي تجعلها كما هي لاكشيء آخر: إنها عدد المسارات وكبرها وحركتها. إن التناسق الجميل الموجود بين الأشياء الساكنة ــ الشمس والنجوم الثابتة والمسافات فيما بينها ــ وبين الله أباً وابناً وروح قدس، قد أقنعني بمحاولة هذا البحث». فالقراءة في كتاب الطبيعة تقود إلى تمجيد الله. فهو قد أسس العالم وفق نظام وقاعدة ووهب الانسان مع الحواس العقل كي يستطيع أن يتجاوز وجود الأشياء ويرتفع إلى

أسباب وجودها وصيرورتها . وهناك تناظر كامل بين مواهب الإنسان وبين حقيقة الخلق ؛ وهذا التناظر يعكس تناسق التكوين . ويتابع كبلر : «أعتقد أن أسباب غالبية أشياء هذا العالم يمكن استنتاجها من محبة الله للبشر . ومن المؤكد أن الله ، عندما أبدع صنع العالم ، كان لا يتوقف عن التفكير في قاطنية القادمين . لأن الانسان هو غاية العالم وكل ما خُلق . ولهذا السبب اعتقد أن الله قد رأى أن الأرض ، التي قدّر لها أن تحمل صورة الخالق الحقيقية وأن تغذيها ، تستحق أن تدور في وسط الكواكب بحيث يكون عدد ما يقع داخل مسارها مساوياً عدد ما يقع خارجه» .

بعد أن عدد كبلر أسماء من أهدى إليهم كتابه المذكور وألقابهم ، كتب في هذا الاهداء ما يلي .

كنت ، منذ سبع سنوات ، قد وعدتكم بعمل يعتبره العلماء جميلاً وجذاباً وأعظم من التقويمات السنوية بكثير . وها أنا الآن أخيراً أقدم هذا العمل إلى محفلكم ، أيها الأسياد الوجهاء . إنه متواضع الحجم وقد أنجز بجهد معتدل ، لكنه يعالج موضوعاً لا أعظم منه . فمن أراد القديم ، فان فيثاغرس قد اضطلع به . ومن يأمل في جديد ، فانني أول من نشر علم هذا الموضوع على الناس . ومن يبحث عن المهم ، فلا شيء أكبر ولا أوسع من العالم . ومن أراد الفخامة فلا شيء أمتع ولا أجمل من ضياء معبدنا الرباني .

ومن اراد اجتلاء الأسرار، فلا شيء في الطبيعة كان أو ما زال أكثر خفاء. **إن موضوعي هذا لن يغني كل الناس، فقط لأن نفعه لا يراه المغفلون**. إنه كتاب الطبيعة، وقد أولته الكتب المقدسة كل عناية، لقد قدمه القديس بولس إلى الملحدين كي يشاهدوا الله فيه، كما الشمس في الماء أو في المرآة. فلماذا نحن المسيحيون لا نبهج أنفسنا بالتأمل فيه أكثر مما نفعل وقد توجب علينا أن نمجد الله في الحقيقة وأن نعبده ونُعجب به؟ إن خشوعنا، ونحن نفعل ذلك، سيزداد بما يتناسب مع تحسن ادراكنا للخلق وعظمته. فهل ترك داوود، عبد الله الحقيقيُ، أنشودة لم يسبح بها بحمد الخالق، بالآله الحقيقي؟ لقد استمد وحيه من التأمل في السماء باعجاب؛ وقد قال: إن السموات تفصح عن جلال الله؛ سأتأمل في السموات، صنيع يديك، وفي القمر والنجوم التي كونتها؛ إن الله عظيم، وعظيم سلطانه؛ إنه يعلم عدد النجوم ويدعوها باسمائها. وفي آناء أخرى يحركه روح القدس فينادي الكائنات، وقد امتلأ قلبه بالفرح المقدس، ويقول: سبحي أيتها السموات بحمد الرب؛ أيتها الشمس، أيها القمر، أنشدا نشيد مديحه. ولكن هل للسماء وللنجوم أصوات؟ وهل بإمكانها أن تحمد الله كما يفعل البشر؟ نعم، إن النجوم تحمد الله حين تقدم

للبشر أفكاراً تدعوهم لحمده. ونحن في الصفحات التالية نحل عقدة لسان السموات والطبيعة كي يرتفع صوتها وكي لا يتهمنا أحد بأننا قد ضاع جهدنا سدى.

ولن أذكر أي دليل حاسم قدمته بعملي هذا لصالح عملية الخلق التي أنكرها بعض الفلاسفة. لأننا نرى فيها كيف اضطلع الله، كما يفعل المهندس البشري، بتأسيس العالم على نظام وقاعدة، وكيف قدّر كل شيء في صورة نستطيع معها القول بأن الفن ليس هو الذي يتخذ الطبيعة نموذجاً، بل إن الله نفسه قد استوحى في خلق العالم علم هندسة بشر المستقبل.

هل يجب إذن أن نستخف بقيمة الأشياء الربانية، كما لو كانت من قبيل التوابل؟ لكن قائلاً قد يقول: وما جدوى معرفة الطبيعة وما نفع علم الفلك إذا كانت بطوننا خاوية؟ إن عقلاء الناس لا يأبهون لهذا الجهل الذي يقدم هذا القول ذريعة كي يدعو إلى التخلي عن كل دراسة من هذا النوع. فنحن نحترم الرسامين والموسيقيين الذين يشنفون آذاننا رغم أننا لا نرى أية منفعة لنا فيما يفعلونه. فالمتعة التي تسببها لنا أعمالهم تعتبر لائقة بالانسان، بل هي شرف له. فأي جهل، بل أية حماقة تكمن في حرمان الروح

مما نبيحه طائعين للعيون وللآذان! إن من يعترض على هذه المتعة يعترض على الطبيعة نفسها! أليست نعمة الخالق الواسعة، التي أخرجت الطبيعة من العدم ووهبتها الحياة، هي التي انعمت على كل مخلوق بما يحتاجه ووهبته من الجمال والبهجة وفرة وفيرة؟ هل يعقل أن يكون الانسان وحده محروماً من الملذات وهو سيد المخلوقات، وهو الذي خلقه الله على صورته؟ إننا لا نسأل عن المنفعة التي يأمل العصفور الصغير أن يجنيها من تغريده، لأننا نعلم أن التغريد لذة عنده، لأنه خلق للتغريد. وكذلك لا يجب أن نسأل لماذا يبذل العقل البشري كل هذا الجهد كي ينفذ إلى أسرار السموات. إن من صاغنا أضاف العقل إلى حواسنا، ليس فقط كي يستطيع الانسان أن يؤمن قوته ــ كثير من المخلوقات الأخرى تفعل ذلك أحسن منه، ولا عقل لها ــ بل ولكي يتيح لنا أن ننتقل من وجود الأشياء التي تراها أعيننا إلى أسباب وجودها وأسباب صيرورتها، ولو لم يكن لهذه المهمة أية فائدة. وكما يتطلب عيش الكائنات الحية الأخرى وجسم الانسان طعاماً وشراباً، يتغذى عقل الانسان، وهو يختلف عن باقي الانسان، بتلك المعرفة التي تثريه وتزيد في رفعته. فالرجل الذي لا يحمل في نفسه الرغبة في تلك الأمور أشبه بالميت منه بالحي. وكما أن الطبيعة تحرص على أن لا

تُحرم الكائنات الحية أبداً من غذائها، فان من الممكن القول، وبحق، بأن الظواهر الطبيعية بتنوعها الواسع، والكنوز المخبأة في الصرح السماوي بقيمتها الثمينة، قد وجدت كي لا يُحرم العقل البشري أبداً من الغذاء الطازج، وكي لا يمل أبداً من القديم فيصيبه الخمول، بل كي يجد دوماً في هذا العالم ما يشغل ذهنه وروحه.

إن ما جلبته إلى هذا الكتاب، وتناولته مما قدم الخالق لنا على مائدته الغنية، لا يفقد شيئاً من قيمته إذا كان لا يروق للجماعة التي تزدريه. إن لحم الاوز مطلوب أكثر من لحم التدرج، لأن الناس يعرفون الأول، أما الثاني فنادر؛ لكنك لن تجد ذواقة يستهين بالتدرج لحساب الاوز. وعلى هذا المنوال فان موضوعي يكتسب قيمة أكبر كلما قل عدد مقرظيه، شرط أن يكون هؤلاء من العارفين. فما يلائم العامة لا يلائم الأمراء؛ وعلم الفلك لا يقدم الغذاء من أجل الجميع بدون هدم بل للروح الطموحة فحسب. وليس الذنب في هذا ذنب الله، بل ويرى أيضاً كنت أريده، ولا لأنه من طبيعة الأمور، ولا لأن الحسبان. والكم عنده لأن أكثر الناس بلهاء وجبناء. والأمراء يضعون لا الروحية. فقد كتب لمن

الطعام جد لذيذ لا يتناولونه إلا عندما يشبعون، وذلك سعياً منهم وراء الشبع. وكذلك الانسان الحكيم، لا تستهويه هذه الابحاث، وسواها مما يشبهها، إلا بعد أن يخرج من مسكنه فيطوف في القرى والمدن والأقاليم والممالك، ويسرح بصره في ملكوت الأرض كلها كي يكتشف حقيقة كل شيء؛ فاذا لم يجد ما يمكن أن يسعده، مما هو دائم حقاً ومما يغذيه ويشبعه، فانه سيبحث عن الأحسن وسيرتفع عن الأرض ليسرح بصره في السماء؛ وعندئذ تستريح روحه، التي أرهقتها الهموم التافهة، في غمرة السكينة الكبرى، وعندها سيقول:

«سعيدة روح من يهتم في استكشاف هذا.

ومن سمت أولاً نحو السماوات»

وسينظر باحتقار إلى ما كان يهتم به في ماضي حياته، وسيولي بعدئذ صنائع الخالق رفيع التقدير والاحترام؛ وبإعمال التأمل فيها سيتوصل ،بو النهاية، إلى غبطة كاملة نقية. ولئن كانت هذه الجهوت الحية الا سوى الاحتقار العميق، ولئن كان البشر لا يب الانسان، وهو سعادة والغنى والكنوز حيثما يشتهون، فان الة وتزيد في رفعته. فالمجد وحده، بمجد معرفتهم أنهم يكتبون ما يحسبونه معالمستم مذ للناهقين، للملوك لا لرعاة الخنازير.

إنني أعلن دون تردد أن مزيداً من الناس سيحذون حذو شارل الخامس الذي، وهو سيد أوروبا، لم يتوصل بعد أن مل من الحكم إلى اكتشاف ما اكتشفه في حجرته الضيقة من دير يوست والذي، رغم كل اعياده والقابه وانتصاراته وكنوزه ومدنه وممالكه، وجد متعة كبرى في خارطة القبة السماوية التي صنعت حسب آراء فيثاغرس وكوبرنيق، فاستغنى بها عن العالم كله وفضل أن يهيمن على الأفلاك السماوية بآلة قياس بدلاً من أن يحكم الشعوب بالصولجان.

حرر في ١٥ أيار (مايو)، وبدأ العمل به منذ سنة، يوماً ليوم.

المخلص لكم جداً
يوهانيس كبلر
رياضي في معهدكم في غراتس

إن كبلر لا يعتقد فقط أن الطبيعة من صنع الله، بل ويرى أيضاً أن لا جدوى من استجواب العالم دون أن نأخذ الله بالحسبان. والكم عنده يتيح للذهن البشري أن يُلم بالطبيعة وأن يتعرف على حقيقتها الروحية. فقد كتب، في

١٤ ايلول ١٥٩٩، إلى فون هوهنبرغ رسالة يقول فيها: «ليس كل حدس خاطئاً. لأن الانسان مخلوق على صورة الله، فليس من المستبعد أن يرى رأي الله في بعض الأشياء التي تشكل حلية العالم. لأن العالم يساهم في الكم، والعقل البشري لا يُلم بشيء كما يلم بالمزايا بالذات، وهو الذي خُلق للالمام بها، دون شك».

إن الفصل الثاني الذي ننقله هنا من الكتاب نفسه يبرز أن الكم يتيح الالمام بخواص الأجسام؛ فالكمي أصبح نقطة الانطلاق في عملية تعيين تجريدية تجعل صنيع الله في متناول العقل البشري. وبذلك يجتهد كبلر في استنباط المفعولات التي تشاهد بالتجربة من أسباب سابقة لها.

أوليات برهاني الرئيسي

ولكي أصل إلى لب موضوعي وأؤكد ببرهان جديد تعاليم كوبرنيق، التي أتيت على عرضها، بخصوص العالم الجديد، أود أن أعود باختصار إلى الموضوع من بدايته.

في البدء، خلق الله الجسم. وإذا أمعنا النظر في هذا المفهوم اتضح السبب الذي من أجله خلق الله الجسم قبل أي شيء آخر. أقول إن الكم كان عند الله؛ وتجسيده يستلزم كل ما ينتمي لطبيعة الجسم، كي تكون كمية الجسم، كجسم، هيئة

وتصبح **نقطة الانطلاق للتعيين المجرد**. لقد أراد الله أن يكون للكمية وجود قبلي على كل شيء آخر، كي تتاح المقارنة بين **المنحني والمستقيم**[1]. إن عظمة نيقولا دوكوز NICOLAS DE CUSE وانصاره ناجمة، على ما أرى، من أنهم أولوا أهمية كبيرة للمقارنة بين المنحني والمستقيم، وتجرأوا على الحاق المنحني بالله والمستقيم بالأشياء المخلوقة. ولهذا السبب فان أولئك الذين يحاولون إدراك الخالق من خلال المخلوقات، إدراك الله من خلال الانسان، إدراك الأفكار الإلهية من خلال الأفكار البشرية، يكادون لا يفضُلون أولئك الذين يحاولون الوصول إلى المنحني من خلال المستقيم، إلى الدائرة من خلال المربع.

ولكن لماذا وضع الله، أثناء خلق العالم، فروقاً بين المنحني والمستقيم، وجعل للمنحني معنى نبيلاً؟ ما سبب هذا؟ سببه أن المهندس الأكمل كان يهدف طبعاً إلى خلق تحفة من أجمل التحف. فليس من الممكن، ولم يكن قط ممكناً (كما قال شيشرون CICERON بعد أفلاطون في **تيمايوس**) أن يخلق الأفضل شيئاً غير الأجمل. فبعد أن ابتدع الخالق فكرة العالم (ونحن نستخدم هنا

---

(١) إن كلمة «منحني» تعني هنا مستديراً أو اهليلجي الشكل.

لغة البشر كي نتفاهم فيما بيننا كبشر)، والفكرة من حيث محتواها شيء ذو وجود قبلي وتتميز بالكمال كما قلت آنفاً، فلا بد أن يأتي شكل التحفة المراد خلقها على نفس الدرجة من الكمال؛ وبموجب تلك القوانين التي فرضها الله على نفسه، في طيبته العظيمة، فان الله لم يكن ليختار للعالم أساساً غير طبيعته الخاصة جل جلاله. فطبيعته، في جلالها وألوهيتها، تتجلى في شكلين: بذاتها من جهة أولى، وهو الأحد في جوهره والمثلث في شخصه، وبالمقارنة مع المخلوقات الأخرى من جهة ثانية.

لقد أراد الله أن يسم العالم بهذه الفكرة على هذه الصورة. ولكي يصبح هذا العالم أحسن العوالم وأجملها، ولكي يستطيع استيعاب هذه الفكرة، صنع الله، ذو الفضل العظيم، المقدار، واخترع الكميات التي تقررت حقيقتها في التمييز بين مفهومي الاستقامة والانحناء؛ فالانحناء يمثل الله بالشكلين اللذين أتينا على ذكرهما. لكننا يجب أن لا نظن بتاتاً أن تمثيل الله بهذا الاسلوب العظيم الفائدة قد حدث بالصدفة، أي أن الله، دون رويّة، خلق المقدار أجساماً لأسباب غير ما ذكرنا وانطلاقاً من قرار سواه؛ وأن الفرق بين المستقيم والمنحني والشبه بين الله والمنحني قد حدثا من تلقاء نفسيهما وبمحض الصدفة.

إن من الأرجح بكثير أن الله اختار المنحني والمستقيم منذ البدء كي يطبع في العالم ألوهية الخالق؛ والكميات تمنح الوجود للاثنين؛ ولكي تصبح الكميات قابلة للادراك خلق الله الجسم قبل كل شيء آخر.

لننظر الآن كيف استخدم الخالق الكامل الكميات كي ينشيء العالم، وما هو الأسلوب الأرجح الذي اتبعه. ثم لنفتش، من بين الفرضيات القديمة والحديثة، عن الفرضية التي تجيب عن هذه التساؤلات، وسنعلق وساماً على صدر صاحبها.

لقد عرض أرسطو، في وقت مبكر وبالتفصيل الكافي، فكرة أن العالم محوط بهيئة كروية؛ وقد دعم برهانه، فيما دعم، بالمغزى الذي ينطوي عليه السطح الكروي. فالكرة الخارجية للنجوم الثابتة تحتفظ، للأسباب ذاتها، بهذا الشكل حتى ولو لم تصلها أية حركة. والشمس تقع في مركزها وكأنها في أعمق أعماق حضنها. فواقع أن الأفلاك الأخرى مدورة ناجم عن الحركة الدائرية للنجوم. ولا حاجة إذن لاضافة براهين أخرى لاثبات أن المنحني قد حظي بوظيفة في حلية العالم. فبينما نحن نرى ثلاثة أنواع من الكميات في العالم ــ الهيئة والعدد وحجم الأجسام ــ لا نرى

المنحني إلا في الهيئة؛ فالجسم لا يتمتع بهذه الصفة، لأن أي شكلين متشابهين، يحتوي أحدهما الآخر ويتمتعان بمركز مشترك (كرتان أو دائرتان مثلاً)، متماسان في جميع نقاطهما أو غير متماسين في أية نقطة. والكروي نفسه، وهو يمثل كمية ذات خاصية متفردة تماماً، لا يمكن تشبيهه إلا بالثالوث. ولو أن الله، إبان الخلق، قد اهتم بالمنحني فقط فان عالمنا لن يحوي عندئذ سوى الشمس في المركز، وهو صورة الأب، وكرة النجوم الثابتة في المحيط، وهي صورة الابن، والأثير السماوي الذي يملأ الكل، اي الامتداد والسماء، وهو صورة روح القدس. ولكن بما أن النجوم الثابتة عظيمة العدد، وبما أن الكواكب موجودة بكمية محدودة تماماً وأن مختلف المدارات السماوية ذات أحجام مختلفة، فان علينا بالضرورة أن نبحث عن أسباب كل ذلك في مفهوم المستقيم وإلا اضطررنا للقبول بأن الله قد قام بمغامرة؛ ولا أحد يستطيع أن يقنعني بذلك، حتى في حالة النجوم الثابتة التي تبدو لنا شديدة الاضطراب في ترتيبها كما لو كانت قد نثرت بالصدفة البحتة.

لنهتم الآن بالكميات المستقيمة. فعلى شاكلة اختيارنا للسطح الكروي على أساس أنه أكثر السطوح كمالاً، نعتمد الآن

الأجسام على أساس أنها أكثر الكميات المستقيمة كمالاً وتضم ثلاثة أبعاد. لقد ثبت أن فكرة العالم كاملة الجودة. وبما أن السطوح المستقيمة لا متناهية العدد ولا تتلاءم بالتالي مع أي تصنيف، فاننا سنضعها جانباً في العالم المحدود ذي الترتيب النسيق والجمال الكامل. واقصد تلك التي تملك أضلاعاً أو زوايا أو مستويات جانبية متساوية كلها، أو مثنى مثنى، أو منسجمة مع أي قانون آخر معين يمكن أن يتيح لنا فرزاً محدداً. فاذا حدث الآن، لنوع من الأجسام تحدد بشروط معينة، أن كان يتألف من عدد محدود من الأصناف، ولكنه كان ينقسم إلى تشكيلة النجوم الثابتة وحجومها وأوضاعها، إذا أمكن ذلك وإذا ناءت قوى الانسان بهذه المهمة فسنرجىء دراسة عدد النجوم الثابتة ومواقعها حتى يتمكن أحد من معرفة عددها وحجم كل منها دون استثناء. لندع إذن النجوم الثابتة لحكمة المهندس الالهي الذي يعرف وحده عددها ويدعو كلاً منها باسمه، ولننظر في أمر الأجرام الأقرب لنا؛ انها متحركة وقليلة العدد.

إذا استبعدنا الأجسام اللامنتظمة واخترنا، من بين بقية الأجسام، تلك التي تتمتع بسطوح جانبية متماثلة ومتساوية الزوايا

فلن نحصل إلا على خمسة أجسام منتظمة كان الاغريقيون قد أطلقوا عليها الأسماء التالية: المكعب أو سداسي الوجوه، الهرم أو رباعي الوجوه، واثني عشري الوجوه، وعشريني الوجـوه وثماني الوجوه. ولا يمكن أن يوجد سواها: انظر بهذا الخصوص اقليدس، الكتاب الثالث عشر، والملحق الوارد في المقطع ١٨.

وبالتشابه مع عدد هذه الأجسام، في محدوديته وصغره ورغم وجود أشكال للأجسام لا يحصرها العد، يجب أن يوجد في العالم نوعان من النجوم متخالفان بخاصية ظاهرة للعيان (كالحركة والسكون)؛ ويجب أن يكون أحد النوعين لامتناهياً في العدد، وتلك حالة النجوم الثابتة، وأن يكون النوع الآخر محدود العدد جداً: وتلك حالة الكواكب. ولا مجال هنا لعرض أسباب حركة هذه وسكون تلك. ولكن إذا قبلنا أن الكواكب بحاجة الى الحركة فلا بد من أن يكون لها مسارات دائرية.

وهكذا نتوصل إلى المسارات الدائرية عن طريق الحركة وإلى الأجسام عن طريق العدد والمقدار. وبذلك لا نملك سوى أن نقول مع أفلاطون **إن الله يتجلى دوماً كعالم هندسة** وأنه، عندما أنشأ الكواكب، أولج الأجسام في الدوائر والدوائر في الأجسام لدرجة أنه

لم يعد يوجد أي جسم لا يتمتع، داخلياً وخارجياً، بدوائر حركية. هذا وإن النظريات المرقمة من ١٣ إلى ١٧ في كتاب اقليدس الثالث عشر تبرز المدى الذي تذهب إليه هذه الاجسام بطبيعتها في تلاؤمها مع عملية الايلاج والاحاطة هذه. فاذا غلفنا الآن الأجسام الخمسة بعضاً ضمن بعض ثم رسمنا دوائر تقع داخلها كلها وخارجها كلها وفيما بينها نحصل على ست دوائر.

إن العصر الذي جرى فيه شرح نظام العالم على أساس افتراض وجود ست مدارات حركية حول شمس ثابتة، هو العصر الذي خلَّف لنا علم الفلك الحقيقي. **والواقع أن كوبرنيق تكلم عن ستة مدارات من هذا النوع انتظمت فيما بينها بحيث تدخل الأجسام الخمسة ضمنها بسهولة ويسر**. وعلى هذا الأساس يجب أن نثق بكوبرنيق طالما لم يجد أحد فرضيات تتفق بشكل أحسن مع محاكاتنا الفلسفية، أو لم يبرهن على أن ما استنبطناه من مبادىء الطبيعة يمكن أن يتسلل بالصدفة البحتة إلى الأعداد وإلى الفكر البشري. **وفي الحقيقة، هل يوجد أمر أكثر عجباً، أو اختراع أكثر اقناعاً،من واقع أن نستطيع أن نكتشف وندلك، بأعلى درجة من اليقين ومن محاكات توصل من السبب إلى**

المفعول وتستند على الفكرة التي توجه عملية الخلق، كل ما اكتشفه كوبرنيق وبناه على أساس من الظواهر الطبيعية وآثارها كما يتلمس الأعمى طريقه متوكئاً على عصاه (هذا هو التعبير الذي كان يحب قوله). أي بالالهام الموفق أكثر من الاستنتاج المؤكد؟

في هذا النص أمران يصدمان القارىء المعاصر الذي أخذ فكرة معينة عن العلوم الطبيعية الحديثة:

١ ــ **ليست العلوم الطبيعية، بتاتاً، عند كبلر وسيلة تُسخر لتحسين ظروف عيش الانسان ولتطوير قدرته التقنية**، وتساعده على توطيد موقعه في عالم مرهق، بأن تعبّد أمامه دروب التقدم. لكنها، على عكس ذلك، وسيلة للسمو بالنفس وللحصول على السكينة والعزاء في تأمل كمال الخليقة الخالد.

٢ ــ كنتيجة للأمر السابق نجد، في هذا النص، **ازدراءً مذهلاً لكل ما هو عملي تجريبي**. فالتجربة ليست سوى الاكتشاف العَرَضي للصلات التي يمكن ادراكها بيقين كبير من خلال تفهم الأسباب القبلية. أما التوافق الكامل بين نظام «الأشياء المحسوسة» ــ صنيعة الله ــ من جهة والقوانين الرياضية المعقولة ــ «أفكار» الله ــ فهو فكرة التناغم الكوني الأساسية. **ومن منطلقات أفلاطونية توصل كبلر إلى فكرة أن مطالعة صنيع الله ــ الطبيعة ــ ليست شيئاً آخر سوى معرفة العلاقة القائمة بين الكميات والأشكال الهندسية**. «إن الهندسة، وهي خالدة كما الله واشعاع من الرّوح

الآلهية ، قد قدمت لله النماذج اللازمة لصياغة العالم ، كي يصبح هذا العالم أحسن وأجمل ما يمكن ، وأكثر شيء شبهاً بالخالق » .

غاليله

(١٥ شباط، فبراير، ١٥٦٤ ــ ٨ كانون الثاني، يناير، ١٦٤٢)

كان غاليله معاصراً تقريباً لكبلر ؛ لكن جو أعماله كان، منذ ذلك الوقت، شيئاً مختلفاً تماماً : فنحن نرى فيها بوضوح منطلقَ التفكير العلمي الحديث.

عندما يتعمق العالم في رصد ظواهر طبيعية معينة يكتشف أن بالامكان عزلها وتحديدها ومعرفتها رياضياً. فليس للنازع الشخصي مكان في العلوم الطبيعية التي تقدم نتائج الزامية وعالمية الشمول. وهذا ما أثبته غاليله في كتابه : **حوار حول نظامين رئيسيين** (المجلد الأول، صفحة ٢٨٨، فلورنسا، ١٨٢٤) : إن الطبيعة لا تخلق العقول البشرية أولاً، ثم الأشياء، كي تنسجم الأشياء مع العقول ؛ لكن العكس هو الصحيح، **إن الرصد والتجربة يجب أن يسبقا أي حديث** : وفي هذه العملية تكون الأفضلية للمعاني ــ على أساس أنها أدوات.

وعلى هذا لن نستطيع أن نعرف سوى أجزاء من الطبيعة محددة تماماً . وإن أولئك الذين يقنعون بالقليل في أرصادهم وشروحهم ويبقون ضمن حدود مرسومة سلفاً ، يحكمون على أنفسهم بأن لا يعرفوا شيئاً على الاطلاق .

إن التجربة يجب أن تقرر خواص الأجسام بحيث يتوافق التعريف مع المظاهر . وقد كتب غاليله رسالة إلى كاركاريل بتاريخ ٥ حزيران ١٦٣٧ (المجلد ٧ ، الصفحة ١٥٦ ، فلورنسا ، ١٨٥٥) يقول فيها : « إذا أثبتت التجربة أن الخواص التي استنتجناها تجد في سقوط الأجسام ما يؤيدها ، أمكن أن نؤكد ، دون أن نخشى الخطأ ، أن حركة السقوط الفعلية مطابقة للحركة التي عرّفناها وافترضناها . أما إذا لم يحدث ذلك فان براهيننا ، التي كانت تنطبق على فرضيتنا فقط ، لا تفقد شيئاً من قوتها وقيمتها ، كما لم ينتقص من قيمة مقولات أرخميدس في الشكل الحلزوني أنها لم تجد في الطبيعة أي جسم يمكن أن تعزى إليه حركة حلزونية » .

وهنا نجد المنطوق الواضح والدقيق لمبدأ أساسي في الفكر العلمي الحديث : **وهذا المبدأ الأساسي يقرر العلاقة المتبادلة بين الفرضيات والتجربة** . فالعقل البشري يصوغ ، كي يرصد الطبيعة ، فرضيات يجب أن تكون رياضية ، وبالتالي مقنعة منطقياً . والبراهين الرياضية تتعامل مع هذه الفرضيات . وكونها مقنعة لا يشكل ، مع ذلك ، دليلاً على أن هذه العلاقات موجودة ، في الطبيعة ، على الشكل الوارد في الفرضيات . **فالفرضيات لا تكتسب خاصية القوانين إلا إذا استُخدمت في التجارب العملية ولقيت تأيداً في هذه التجارب** . أما الفرضيات المنطقية الرياضية بحد ذاتها والتي لا تتفق مع شيء في الطبيعة فليست ، لمجرد ذلك ، غير مقنعة ولكنها لا تشكل قوانين طبيعية .

كان ليونـــــار دوفـــــــنشي LEONARD DE VINCI (١٤٢٥ــ ١٥١٩) لا يقبل أية محاكمة لا تنطلق من ميزان الرصد ؛ وليس الرصد البحت، مع ذلك، كافياً. لكنه لا يصبح مثمراً إلا إذا أجري انطلاقاً من فرضيات مؤكدة تؤيدها التجربة. وعلى هذا الأساس يؤكد دوفنشي أن في المجالات المؤكدة تجريبياً يوجد أيضاً أسباب، أي منطلقات للمسائل التي نطرحها على الطبيعة. والتجربة لا تجلب أبداً من الطبيعة سوى جواب محدود. فحيث توجد الأسباب توجد معها إمكانية صياغتها بشكل رياضي دقيق. وهكذا نرى أن الرياضيات أصبحت، منذ دوفنشي ولديه، الرباط الحاسم بين عقل الانسان ووقائع الطبيعة.

والشيء الجديد هنا هو أن أمر الرصد لم يعد رصد الطبيعة كيفما اتفق، بل أصبح **رصداً ينطلق من مبادىء معينة** وتتوجه مجرياته وفق قواعد محاكمة دقيقة. فعملية الرصد التجريبي هي التي تفيد في تقرير ما إذا كانت المعقولات المعتمدة تتفق مع الرصد، وإلى أي مدى يتم هذا الاتفاق عندئذ.

ويميز غاليله، بخصوص فهم الظواهر الطبيعية، بين الفهم المديد والفهم الشديد. فالفهم الشديد عنده هو تقدم العلوم الطبيعية الحديثة على مراحل ؛ بينما الفهم المديد هو المعرفة المباشرة للكل بدءاً من السبب الأصلي، فهو إذن فهم يخص الله وحده في نهاية المطاف.

أــ غاليله يكافح ضد التقاليد

كان على غاليله، كي يفرض هذا المذهب في التفكير والمنهج، أن يحسب سلفاً حساب الاعتراضات التي يمكن أن تأتي من التقاليد المسيحية ومن

أدعياء مذهب أرسطو في العلوم الطبيعية. وتشهد على ذلك رسالته الشهيرة إلى إليا ديوداتي Elia Diodatiوعدة مقاطع من كتابه المذكور آنفاً، حيث يجهد في الانعتاق من ربق التقاليد المتحجرة. واليك ما كتب.

فلورنسا، ١٥ كانون الثاني ١٦٣٣

لو سألت: من صنع الشمس والقمر والأرض والنجوم وحركاتها ومنظوماتها؟ فسأجاب يقيناً: إنها صنائع الله. ولو سألت بعدئذ: من صنع الكتب المقدسة؟ فسأجاب حتماً أنها صنائع روح القدس، أي صنائع الله أيضاً. ولو سألت أيضاً: هل كان روح القدس يستخدم كلاماً يناقض الحقيقة بشكل مفضوح كي يتلاءم مع مدارك الجمهور ــ وهو جاهل في غالبيته ــ؟ فسأجاب، بكل تأكيد وبالاسناد إلى ما قال به المقدسون، أن ذلك فعلاً من عادة الكتب المقدسة حيث نجد مئات الجمل التي، إذا أُخذت بمعانيها الحرفية، تصبح مجرد هرطقة وكفر، لأن الله يبدو فيها كائناً شنّاءً مذنباً نسّاء. ولكني لو سألت: هل غيّر الله في صنائعه بهدف التكيف مع إدراك الجمهور، أو، بعكس ذلك، هل الطبيعة، كشيء مستقر في جوهره وعصي على رغبات البشر، قد احتفظت على الدوام بنوع حركاتها ذاته وبشكلها ذاته

وبأقسام العالم ذاتها؟ انني على يقين من أن الجواب سيكون : إن القمر سيظل دوماً مكوراً ، ولو كان قد ظُن مسطحاً زمناً طويلاً . وبمختصر العبارة : لن يقال أبداً إن الطبيعة قد تغيرت كي تكيف صنائعها مع رأي البشر . فاذا كان الأمر كذلك فانني أسأل : لماذا ، ونحن نسعى إلى ادراك المعرفة بشتى أجزاء العالم ، نجتهد في التعامل مع الكلمات بدلاً من البحث في صنائع الله ؟ هل الصنعة أقل جلالاً من الكلمة ؟ فما أشد المصاعب التي تنشأ لدى الكنيسة إذا قال إنسان بأن الادعاء بحركة الأرض هرطقة ، ثم ثبت بالرصد والبرهان أنها تتحرك فعلاً ! على أننا لو اعتبرنا ، في كل حالة تتعارض فيها الصنعة مع الكلمة ، الكتب المقدسة ثانوية فان هذا لن يعيبها في شيء ؛ وهي غالباً ما تكيفت مع رأي الجمهور وألصقت بالآله صفات خاطئة تماماً . فأنا إذن أسأل : لماذا نصرّ على أنها قد عبّرت بكل دقة عندما تكلمت عن الشمس وعن الأرض ؟

اليوم الأول

ساغريدو: إن ارادة اتخاذ قدرة الفهم البشرية معياراً لما تستطيعه الطبيعة كان دوماً، في رأيي، أكبر غرور؛ بل على العكس، لا يوجد أية ظاهرة من الظواهر الطبيعية، مهما قل شأنها، يمكن الاحاطة بمعرفتها على التمام، حتى ولا بأكثر التأملات عمقاً. فالادعاء الباطل، بامكانية فهم كل شيء، نابع حصراً من فقدان معرفة أي شيء. وإن من حاول، ولو مرة واحدة، أن يفهم كل الفهم شيئاً ما، وذاق لذة العلم الحقيقي، لا بد أن يعترف بأنه لا يفهم أية حقيقة من الحقائق الأخرى العديدة.

سَلفياتي: إن ما تقوله لا يمكن دحضه. وحال أولئك الذين يفهمون شيئاً، أو يحاولون فهمه، لهو دليل على ذلك: فهم، كلما ازدادت معارفهم، يشعرون ويعترفون بأنهم لا يعلمون الا القليل. وقد قال بصريح العبارة أكبر حكماء الاغريق، وهو الذي اختاره الوحي رسولاً، إنه يعي عدم علمه بأي شيء.

سِمبليشيو: فالحكيم الرباني، أو سقراط، قد كذب إذن؛

لأن الأول كان يعتبر الثاني أكبر حكماء البشر، بينما يعترف الثاني بجهله التام.

سلفياتي: لا هذا بالضرورة صحيح ولا ذاك. لأن الرسول الرباني يقول بتفوق سقراط على البشر، وعلم البشر محدود. أما سقراط فيعترف بجهله في مجال العلم، والعلم غير محدود. وبما أن الكثرة لا تمثل، من اللامحدود، أكثر مما تمثله القلة أو العدم ــ لا فرق، في سبيل الحصول على عدد لامتناه، بين أن نجمع آلافاً أو مئات أو أصفاراً ــ فإن سقراط كان يعي تماماً أن علمه المحدود لا يزن شيئاً بالمقارنة مع ما يفوته من العلم وهو غير منته. ولكن، بما أن البشر يملكون بعض العلم، وهذا البعض موزع بينهم، فان سقراط يمكن أن يتمتع بقسط أوفر مما يملكه الآخرون، وبذلك يتبرر قول الرسول الرباني.

ساغريدو: أظن أنني فهمت هذه النقطة حق الفهم. فالبشر، أيها السيد سمبليشيو، يملكون قدرة الفعل، لكنهم غير متساويين فيها. فنفوذ الامبراطور أكبر، بالتأكيد، من نفوذ المواطن العادي. لكن النفوذين كليهما لا يقاسان بقدرة الله المطلقة. فهناك من البشر من يلمون أكثر من سواهم بالزراعة. فأين عملية

غرس فسيلة الكرمة في الأرض من الفن الذي يجعلها تضرب جذورها، ومن تغذيتها، ومن انتقاء ما هو صالح لنمو الأوراق وما هو صالح لتشكيل الفروع وما هو صالح لنمو العنب بلبابه وقشوره؛ ومع ذلك تقوم الطبيعة بكل هذا؛ وليس هذا سوى واحد من صنائعها التي لا تحصى وهو، وحده، ينطوي على حكمة لامتناهية. إن ذلك ينبىء عن مدى سعة علم الله، فهو اللانهاية مضروبة باللانهاية.

سلفياتي: لنضرب مثلاً آخر. إن الفن في استخراج تمثال رائع من صخرة رخام وضع عبقرية بوناروتي Buonaroti فوق مصاف عامة البشر، أليس كذلك؟ وهذا العمل ليس، مع ذلك، سوى تقليد خارجي سطحي لوضع وحيد يتخذه جسم إنسان ساكن وأطرافه. وأين هذا من الانسان الذي خلقته الطبيعة، الذي يتمتع باعضاء داخلية وأخرى خارجية، بعضلات وأوتار وأعصاب وعظام تتيح له شتى أنواع الحركة؟ ناهيك عن الحواس وامكانيات الروح والذكاء أخيراً لا آخراً. ألا نستطيع أن نقول بحق إن خلق التمثال عمل تافه إذا قيس بصنع انسان حي، أو حتى دودة محتقرة.

ساغريدو: وما أعظم الفرق بين الحمامة الطبيعية وحمامة أرشيتاس[1] ARCHYTAS !

سمبليشيو: إذا كنت فيمن يملكون القدرة على الحكم في هذه الأمور، فالتناقض واضح فيما تقول. انك تعتبر الذكاء المزية الرئيسية من بين المزايا التي يتمتع بها الإنسان الذي خلقته الطبيعة. ومع ذلك قلت تواً، مع سقراط، ان ذكاءه لا يساوي شيئاً. وعلى هذا كان يجب أن نقبل أن الطبيعة نفسها لم تعرف كيف تصنع ذهناً قادراً على الفهم.

سلفياتي: إنك ثاقب النظر جداً في اعتراضك؛ والجواب يتطلب أن نلجأ إلى تمييز فلسفي، وهو أن كلمة فهم يمكن أن تستخدم في معنيين مختلفين: بالمعنى الشديد أو بالمعنى المديد. فالذكاء البشري بالمعنى المديد، أي بخصوص كمية الأشياء التي يحاول فهمها وعددها اللامتناهي، لا يساوي شيئاً، ولو عرف ألف حقيقة؛ فالألف لا يزيد عن الصفر إزاء اللانهاية. على أننا لو تأملنا في الفهم بمعناه الشديد ــ بمقدار ما تنطبق هذه الصفة على مدلول الشدة، وهو الكمال في معرفة حقيقة معينة ــ فإنني أؤكد

---

(١) فيلسوف فيثاغوري ورجل دولة (٤٠٠ ــ ٣٦٥ ق. م)، يقال انه صنع حمامة آلية قادرة على الطيران.

أن الادراك البشري يفهم بضع حقائق بشكل لا يقل كمالاً ولا يقيناً مطلقاً عما تفهمه الطبيعة ذاتها. فالمعارف الرياضية البحتة، الهندسة والحساب على وجه الخصوص، تنتمي إلى هذا الصنف. صحيح أن الذهن الرباني يعرف عدداً لامتناهياً من الحقائق الرياضية، لأنه يعرفها كلها. لكن معرفة ذلك العدد القليل الذي يفهمه الذهن البشري تعادل، في يقينها المطلق، المعرفة الربانية، لأنها تتوصل إلى إدراك ضرورتها، ولا يمكن أن تجد درجة يقين تعلو على هذه الدرجة.

سمبليشيو: إن هذا هو الذي أسميه رأياً معتداً وجريئاً.

سلفياتي: إن ما أقوله هذا معترف به لدى الجميع ولا تشوبه شبهة ولا شك. وهي أقوال لا تسيء بتاتاً إلى إحاطة العلم الرباني بكل شيء. كما أن قدرة الله المطلقة لا ينتقص منها أن نقول إن الله لا يمكن أن يخرب ما صنعه. لكني، يا سيد سمبليشيو، اعتقد أن شكوكك ناجمة عن أنك فهمت جزءاً من كلامي فهماً مغلوطاً. ولكي أكون أكثر وضوحاً أقول إن الحقيقة التي تتم معرفتها بواسطة البراهين الرياضية هي فعلاً مطابقة للحقيقة التي تعرفها الحكمة الربانية؛ على أنني اتفق معك في أن شكل معرفة

الله للحقائق العديدة، التي لا نعرف سوى عدد قليل منها، أحسن بكثير من شكل معرفتنا. فنحن نتلمس طريقنا بمحاكمات تدريجية ونتقدم مرحلة مرحلة؛ أما هو فيفهم من نظرة واحدة. فلكي نحيط، على سبيل المثال، علماً ببعض خواص الدائرة، وهي عديدة جداً، نبدأ بأبسطها ونتخذه تعريفاً، ثم ننطلق منه ونحصل، بالاستنتاج، على خاصة ثانية وثالثة ورابعة... الخ. أما الادراك الرباني فهو، بخلاف ذلك، يفهم العديد اللامتناهي لخواص الدائرة من مجرد صوغ طبيعتها، دون اللجوء إلى فحص متوال في الزمان. وواقع الأمر أن هذه الخصائص محتواة، سلفاً وبشكل خفي، في تعريف أي شيء؛ وهي، رغم لا نهائية عددها، قد تكون كلاً واحداً في جوهره وفي ذهن الخالق. وهذا ليس، هو أيضاً، خارجاً تماماً عن الادراك البشري، لكنه مغلف بغطاء ضبابي كثيف جداً يتضاءل قليلاً ليصبح أكثر شفوفاً عندما نتقن بعض عمليات الاستنتاج المبرهنة بدقة، والتي تنتمي إلى تراثنا الثقافي، لدرجة تبيح لنا أن ننتقل منها إلى ما يليها. فنظرية فيثاغرس مثلاً، القائلة بأن مربع الوتر يساوي مجموع مربعي الضلعين القائمين، لا تختلف في أعماقها عن القول بأن متوازيات الأضلاع ذات القاعدة المشتركة متساوية في المساحة. وهذه المقولة الأخيرة،

ألا تطابق، في نهاية الأمر، المقولة التي تنص على أن سطحين متساويان عندما يغطي كل منهما الآخر تماماً عندما نضعه عليه؟ إن هذه الانتقالات، التي يحتاج فيها الذهن البشري إلى الوقت والتي ينجزها على مراحل، يقفزها الادراك الرباني كلمح البصر دفعة واحدة، أو قل هي حاضرة لديه دوماً. ومن ذلك أستنتج أن معرفتنا بعيدة جداً عن أن ترقى إلى معرفة الله، سواء بالكيف أو بالكم. على أنني لا احتقر معرفتنا لدرجة أن اعتبرها معدومة تماماً. لكنني لو نظرت في عدد الأشياء الرائعة التي فهمها الانسان واستكشفها وحققها، فلن أتمالك نفسي من الاعتراف والاقتناع بأن الذهن البشري من صنائع الله وأنه أحد أميز مخلوقاته.

ساغريدو: لقد فكرت مراراً، قبل اليوم، فيما أتيت على قوله بخصوص حصافة الذهن البشري. فعندما أستعرض كل اكتشافات البشر الرائعة في مجالات الفن والعلوم، ثم أفكر في علمي الذي لا يتيح لي بالمرة أن أستزيد منها ولا حتى أن أفهم ما تم اكتشافه، أشعر بخجل مذهل وبيأس قاتل واعتقد أنني شبه بائس. وعندما أتأمل في تمثال بديع أقول في نفسي: متى ستعرف إذن كيف تستخرج مثل هذه النواة من كتلة رخام وتكتشف

الشكل الرائع الذي كان كامناً فيها؟ أو كيف تخرج ألواناً مختلفة وتمدها على قطعة قماش، أو على جدار، فتمثل مملكة المرئيات كلها، كما فعل ميكل أنج ورافائيل؟ وكيف أمنع نفسي من الاعجاب عندما أفكر في الاسلوب الذي تعلمه الانسان في تنظيم الفواصل الموسيقية التي ابتدع مبادئها وقواعدها كي يشنف بها آذاننا؟ وشتى الآلات الموسيقية الأخرى اذن؟ وما أبدع قراءة الشعر الذي يملؤك اعجاباً عندما تقتفي مسار أفكاره وتفهم مراميها! وماذا أقول عن فن العمارة وعن المِلاحة؟ وفوق كل هذه الاختراعات المدهشة يسمو الذهن الذي اخترع وسيلة ايصال الأفكار إلى الناس الآخرين مهما كانت المسافات المكانية والزمانية التي تفصلنا عنهم، والكلام مع أناس يسكنون في الهند أو مع أناس سيولدون بعد ألف سنة أو عشرة آلاف. وكل ذلك بسهولة لا تُصدق: وما ذلك إلا برصف قرابة عشرين رمزاً على صفيحة ورق بطرق مختلفة. وهذا ما يمكن اعتباره أوج كل الاختراعات البشرية المدهشة، وهو ما سنختم به محاورة اليوم. فنحن قد تخطينا اليوم أسخن المراحل، وأعتقد أن السيد سلفياتي سيسعد بتذوق البرودة التي ستؤمنها له نزهة بالجندول. وسأنتظركما غداً لاستئناف الحوار.

سلفياتي: لقد انحرفنا أمس مراراً عن الخط الأولي لمناقشتنا، لدرجة أنه يصعب عليّ اليوم أن أجد الطريق الصحيح وأن نثابر فيه دون مساعدتكما.

ساغريدو: لا بد أن بعض الأفكار قد اختلطت في ذهنيكما من جراء كثرة ما استعرضناه أمس وما يجب أن نستعرضه اليوم. أما أنا، المستمع، فلم يكن عليّ سوى أن أحفظ ما سمعته، وبذلك آمل أن أرتب ما اختلط من خيوط مناقشتنا وذلك بأن أوجز بسرعة كل ما قيل. فاذا لم تخني الذاكرة أعتقد أن موضوع محاوراتنا الرئيسي كان يتناول الفحص العميق للرأيين التاليين، كي نكتشف أصحهما وأمتنهما أساساً: الرأي الذي يدعي بأن مادة الأجسام السماوية لا تفنى ولا تتغير ولا تُصطنع، أي أنها، بمختصر القول، تستعصي على كل تغير جوهري سوى تغير الموضع، فتشكل بالتالي عنصراً خامساً يختلف تماماً عن أجسامنا العنصرية التي يمكن اصطناعها وتخريبها وتغييرها؛ والرأي الآخر الذي يرفض مثل هذا الفرق بين ظروف أجزاء العالم ويقول بأن الأرض تتمتع بالمزايا نفسها التي تتمتع بها كل الأجسام الأخرى

التي تؤلف العالم فهي، بعبارة أخرى، كرة تتحرك بحرية كالقمر والمشتري والزهرة والكواكب الأخرى. ولاحظنا أخيراً وجود عدة وجوه شبه تفصيلية بين القمر والأرض وهي، في حالة القمر، أكثر عدداً منها في حالة أي كوكب آخر؛ ولا شك أن هذا ناجم عن أننا نعلم عن القمر أشياء أكثر دقة وأقرب إلى الاحساس، بسبب قربه منا. والآن وقد توصلنا إلى أن الرأي الثاني أرجح احتمالاً، يبدو لي أن الموقف يتطلب أن نفحص موضوع حركة الأرض: هل يجب أن نعتبرها ساكنة ــ كما ظن أكثر الناس حتى الآن ــ أو أنها متحركة كما فكر بعض فلاسفة الأقدمين وبعض المعاصرين؟ وإذا كانت متحركة فما هو أسلوب حركتها؟

سلفياتي: الآن أعرف من جديد الطريق الواجب اتباعه. ولكن قبل أن أستمر أود أن تسمح لي بملاحظة على كلامك الأخير. لقد قلت إننا توصلنا الى النتيجة التالية: إن الرأي الذي يدعي بأن الأرض هي من نوع الأجسام السماوية الأخرى أرجح احتمالاً من الرأي المعاكس. فأنا لم أؤكد ذلك قط، كما أنني لن أعتبر أياً من المذاهب الأخرى المتصارعة شيئاً مبرهناً. لكن ما أنويه، بكل بساطة، هو أن أعرض الحجج المؤيدة والحجج النافية

لكل من تلك المذاهب، والاعتراضات التي يمكن أن تساق ضدها وكيفية الرد عليها، وما إلى ذلك من كل ما قاله الآخرون؛ ثم أضيف بعض الأشياء الجديدة التي اكتشفتها بعد تفكير طويل. لكنني أترك، مع ذلك، لسواي مهمة حسم المسألة.

ساغريدو: لقد تركت نفسي أساق بشعوري الخاص. ولما ظننت أن الآخرين لا بد أن يفكروا كما فكرت، عممت كل ما كان يجب أن أصوغه بشكل محدود. والحقيقة أنني ارتكبت خطأً، فقد كنت أجهل خصوصاً رأي السيد سمبليشيو الحاضر هنا.

سمبليشو: اعترف أنني قضيت الليلة الماضية في تقليب مناقشات أمسنا في رأسي؛ وقد رأيت أنها تحوي فعلاً أشياء عديدة جميلة وجديدة وصحيحة. ورغم كل ذلك أشعر أنني مقتنع أكثر بآراء المؤلفين الكبار وخصوصاً ـــ أراك، يا سيد ساغريدو، تهز رأسك وتبتسم كأنك تسمع مني مقولة فظيعة.

ساغريدو: لقد اكتفيت بالابتسام، لكن، صدقني أن رغبتي في أن أنفجر ضاحكاً تكاد تخنقني. انك تذكرني بقصة رائعة وقفنا عليها، أنا وبضعة أصدقاء لي أستطيع أن أذكر لك أسماءهم.

سلفياتي: قد يكون من المفيد أن ترويها لنا، وإلا فقد يظن السيد سمبليشيو أنه هو الذي أضحكنا.

ساغريدو: ليكن. كنت ذات يوم في منزل طبيب في البندقية مشهور جداً؛ وكان الناس يقصدونه بكثرة لأسباب دراسية بقدر ما هي فضولية، كي يروا كيف يقوم عالم تشريح حقيقي، ماهر ودقيق، بتشريح الجثث. وقد اتفق ذلك اليوم أن البحث كان يتناول أصل ومنطلق عصب كان موضوع خلاف شهير بين أطباء مدرسة غاليان GALIENوالمشائين من أنصار أرسطو. وعندما أظهر العالم كيف تنطلق حزمة الأعصاب الرئيسية من الدماغ وتنزل على طول العنق وتمتد خلال العمود الفقري وتتفرع في الجسم، وكيف أن خيطاً عصبياً دقيقاً ــ ليس أثخن من خيط عادي ــ يصل حتى القلب، التفت نحو مشاهد نبيل كان يعرف أنه من المشائين، ومن أجله عرّى العصب وابرزه بعناية فائقة، وسأله إذا كان قد رضي بما رأى واقتنع أن الاعصاب إنما تنطلق من الدماغ وليس من القلب. عندها فكر فيلسوفنا المشاء طويلاً ثم أجاب: لقد أريتني كل ذلك بجلاء ووضوح ــ ولولا أن لأرسطو نصاً يقول فيه بصراحة إن الاعصاب تنطلق من القلب لوجدت نفسي مضطراً للاعتراف بأنك على حق.

سمبليشيو: أود مع ذلك أن ألفت نظر أولئك الأسياد إلى أن مسألة الخلاف حول منشأ الأعصاب لم تنته بعد ولم تحسم تماماً، كما قد يخيل إلى بعض الناس.

ساغريدو: إنها لن تحسم أبداً بشكل مؤكد، لأنك لن تعدم أبداً معارضين من هذا النوع. ومع ذلك فان ما تقوله لا يخفف شيئاً من غرابة جواب المشاء. فهو لم يجابه التجربة الواضحة بتجارب أخرى ولا بدوافع مستمدة من نصوص أرسطو بل من سلطة الفيلسوف فقط ـــ من مجرد «**هكذا قال**».

سمبليشيو: إن أرسطو لم يكتسب هذا القدر من الشهرة إلا بفضل براهينه المفحمة وأبحاثه المعمقة؛ لكن يجب علينا أن نفهمه، وليس هذا فحسب ـــ يجب أن تكون ضليعاً فيما كتبه كي تتمتع برؤية كاملة فتستطيع أن تتذكر كلامه على الدوام. لأنه لم يكتب للجماهير العريضة ولا حرص على تعداد استنتاجاته بترتيبها باسلوب بدائي. فقد كان يكتب أحياناً باسلوب مبهم ويأتي ببرهان ما يقوله في فصل يبدو فيه أنه يعالج موضوعاً آخر. ولهذا يجب أن تستمد مما كتبه رؤية شاملة، وأن تركّب هذا المقطع مع ذاك، وأن تقارن هذه الفقرة مع فقرة أخرى قد تبدو لك بعيدة عن

الأولى. ولا ريب في أن من يتقن هذا الفن يستطيع أن يغرف من كتب أرسطو البراهين على كل ما يمكن أن يعرف؛ فهي، فعلاً، تحوي كل شيء.

سانغريدو: ولكن بما أن مزج النصوص لا يزعجك، يا عزيزي السيد سمبليشيو، وبما أنك تعد نفسك قادراً على استخلاص روح الكتاب بمقارنة شتى مقاطعه وبتركيبها، فاسمح لي أن أطبق على قصائد فِرجيل VIRGILE وأوفيد OVIDE الطريقة التي تستخدمها، أنت وزملاؤك المحترمون، في نصوص أرسطو: سأرتق أجزاءها قطعاً صغيرة فأشرح بذلك كل شئون البشر وكل أسرار الطبيعة. ولكن ما حاجتي إلى فرجيل أو سواه من الشعراء؟ فأنا أملك كتيباً أصغر بكثير من أي أرسطو أو أي أوفيد ويحوي كل العلوم ويمكن أن نأخذ له رؤية شاملة بجهد لا يذكر؛ وأعني به كتاب حروف الابجدية. فلا ريب في أنك لو رتبت هذه الحروف كما ينبغي، وقربت هذا الصوتي وذاك من هذا الساكن أو ذاك، تستطيع أن تحصل على أوثق المعلومات عن كل قضية مبهمة، وتستطيع أن تجد كل مذاهب العلوم وقواعد كل الفنون؛ شأنك شأن الرسام الذي يكتفي بمزج الألوان التي وضعها

منفصلة على لوحة ـــ شيئاً من هذا وقليلاً من ذاك ـــ ثم يستخدم ذلك في خلق أناس أو نباتات أو عمارات أو طيور، وبمختصر القول، يقلد كل الأشياء المنظورة دون أن يكون عنده، على لوح زيوته، عيون ولا ريش ولا حراشف ولا أوراق ولا أحجار. ويجب أن لا يوجد بين الألوان المستعملة أي شيء من الأشياء التي تمثلها الصورة، حتى ولا أجزاء منها، إذا أردنا أن نتمكن من تمثيل كل شيء. فاذا وجد على اللوح ريش مثلاً، فلن نستطيع أن نستعمله إلا لتمثيل الطيور أو منافض الريش.

سلفياتي: أعرف بضعة أسياد نبلاء، ما يزالون في عافية ونشاط حتى اليوم، كانوا حاضرين عندما سمع أحد «العليمين»، المنتمي إلى مدرسة مشهورة، وصف النظارة الفلكية (التيلسكوب)، وهو جهاز لم يكن قد رآه من قبل، وأكد أن هذا الاختراع مستمد من أرسطو. وبعد أن طلب كتاباً وجيء له به، راح يبحث عن مقطع قيل فيه إن بالامكان رؤية نجوم السماء، في وضح النهار، في قعر بئر جد عميق. وعندئذ شرح العليم لسامعيه فقال: هذا هو البئر ـــ إنه الأنبوب؛ تلك هي الأبخرة الكثيفة ـــ ان العدسات تجسيد لها؛ وهذه أخيراً تقوية المقدرة البصرية بفضل مرور الأشعة عبر جسم أكثف منها، مظلم وشفاف.

ساغريدو: إن هذا الأسلوب في تجميع كل ما يستطاع معرفته يشبه اسلوب احتواء كتلة الرخام على تمثال أو على ألف تمثال رائع. والصعوبة تكمن في الاكتشاف فقط. ويمكن أن نشبه ذلك بنبؤات النبي عمران أو بنبؤات حكماء آلهة الاغريق، تلك النبؤات التي لا تُفهم إلا عندما تتحقق.

سلفياتي: ألا تفكران أيضا بنبؤات المنجمين التي يمكن استخلاصها من خارطة بروج السماء، أي من مواقع النجوم — لكن بعد تحقق النبؤة؟

ساغريدو: والأمر كذلك أيضاً في مكتشفات السيميائيين. فهم يرون أن كل الأذهان العظيمة لم تعالج، في الواقع، أي موضوع في منجزاتها سوى فن صنع الذهب. على أن تعليم هذا الفن، دون إشاعته على الشعب، جعل كلاً منهم يخترع للتعبير عنه أسلوباً سرياً يحيطه بأقنعة متنوعة. ولا أطرف من الاصغاء إليهم وهم يعقّبون على أشعار القدماء فيكتشفون فيها أهم الأسرار التي تلبس لبوس الأساطير.

سمبليشيو: اعتقد، وأنا متأكد في بعض الأحوال، أن العقول الغريبة ليست نادرة؛ لكننا لا يحق لنا أن نضع ترهاتها على

حساب أرسطو الذي تتكلمون عنه، على ما يبدو لي، بكثير من قلة الاحترام. فأقدميته والشهرة التي اكتسبها في نظر الكثير من الرجال المرموقين يجب أن تكفيا لكي يستحق احترام كل العلماء.

سلفياتي: ليس الأمر كذلك بالضبط يا سيد سمبليشيو. إن بعض أنصاره بضيق أفقهم ــ أو هم بالأحرى كذلك ــ مسئولون حتماً عن واقع قلة احترامنا لأرسطو عندما نسمع سخافاتهم. ولكن تكرم وقل لي، هل أنت ساذج لدرجة تجعلك تنفي أن أرسطو، لو كان حاضراً عندما عزا إليه ذلك العليم اختراع التيلسكوب، كان سينزعج من ذلك الشرح أكثر من انزعاجه من السامعين الذين سخروا منه؟ هل تشك، مثلاً، في أن أرسطو كان سيغير رأيه ويصحح ما كتبه لو كان قد علم بالمكتشفات الفلكية الحديثة؟ وأنه كان سيتحول إلى مذاهب تتفق مع المعقولات، فيتنكر لكل عقل بليد قاصر لدرجة أن يتمسك بحرفيات كلماته دون أن يخطر له أن أرسطو، لو كان على شاكلة ما يتصوره، لكان انساناً سخيفاً، أنانياً، وروحاً همجية تفيض بالجبروت المستبد، وتنظر إلى بقية البشر وكأنهم بهائم أغبياء، فلا تعتد إلا بما توحيه ارادتها الذاتية بخصوص مدارك الحواس ونتائج

التجربة وشئون الطبيعة ذاتها. فانصار أرسطو هم الذين منحوه كل هذا السلطان، وليس هو الذي ادعاه لنفسه. ولما كان من الأسهل على الأنسان أن يحتمي بحصانة غيره من أن يجابه مكشوف الوجه فإنه يرتجف فزعاً ولا يجرؤ على الابتعاد عنه قيد خطوة. وبدلاً من أن يقبلوا بتعديل أي شيء في سماء أرسطو يفضل هؤلاء الأنصار أن ينكروا ما يشاهدونه في سماء الطبيعة.

ساغريدو: إن الرجال الذين من هذا الصنف يذكرونني بالنحات الذي صنع، من كتلة رخام، تمثال هرقل أو جوبيتير ــ لم أعد أدري أيهما. وبمهارة فنية مذهلة استطاع أن يخرجه آية في الحيوية والجلال، لدرجة أن كل الذين اقتربوا منه تملكهم الهلع وأن الفنان نفسه شعر بالخوف منه رغم أن تعابير التمثال وحركته كانت من صنع يديه. وقد ازداد رعبه لدرجة أنه لم يعد يجرؤ على الاقتراب منه بالمطرقة والأزميل.

سلفياتي: لقد تعجبت مراراً من أن أنصار أرسطو، الذين يدافعون عن حرفية كلماته، لا يشعرون بفداحة الاساءة إليه وإلى سمعته، ولا يدركون أن حرصهم على زيادة سلطانه قد ادى، بعكس ذلك، إلى انقاصه. وعندما أرى عنادهم في الدفاع عن

مقولاته رغم تبين خطئها، وعندما يحاولون أن يقنعوني بأن هذا هو ما يستحقه الفيلسوف الحقيقي، وأن أرسطو نفسه ما كان ليسلك غير هذا السلوك، أعود فأراجع نفسي في الرأي الذي جعلني أعتقد أن استنتاجاته يمكن أن تكون صحيحة في المجالات الأخرى الأكثر بعداً عني. لكنني لو رأيتهم يتراجعون أمام الحقائق الواضحة ويعدِّلون أحكامهم لكنت، على العكس من ذلك، اقتنعت بأنهم، في المجالات التي يتمسكون فيها بآرائهم وبراهينهم التي لا أعرفها ولا أفهمها، على حق مؤكد.

ساغريدو: وهل لو بدا لهم أن سمعتهم الشخصية وسمعة أرسطو تصبحان في خطر لمجرد أن يعترفوا أن أستاذهم لم يعرف هذا الاكتشاف أو ذاك مما اكتشفه سواه، ألن يجدوا مصلحتهم في أن يبحثوا عنه في كتبه بتركيب عدة مقاطع بالطريقة التي أشار اليها السيد سمبليشيو؟ لأنه، إذا كانت كل المعارف موجودة عند أرسطو فلا بد أن توجد هذه أيضاً.

سلفياتي: دع عنك هذا الهزء يا سيد ساغريدو؛ لأنه يبدو لي أنك تمزح. فمنذ فترة قصيرة كتب فيلسوف مشهور مخطوطاً عن الروح أورد فيه عدة شواهد من أرسطو كي يوضح بها رأيه في

خلود الروح. وهذه الشواهد لم تنقل عن الاسكندر الذي، حسب قوله، لم يتناول هذا الموضوع ولم يحسم بالتالي شيئاً مما ينتمي إليه، بل كانت نصوصاً واردة في مقاطع غامضة وتفوح منها رائحة خطرة. وعندما قيل له إنه سيجد صعوبة في الحصول على رخصة الطبع طلب من صديقه أن يتوسط له في شأنها. فلو لم يكن أمامه سوى هذه العقبة لكان من السهل عليه أن نغير في تعاليم أرسطو وأن يبرهن، بواسطة شواهد أخرى، على أن وجهات النظر المعاكسة تنسجم مع فكر الفيلسوف.

ساغريدو: إني أمنح كل الاحترام لهذا العالم! فهو لم يرض أن ينخدع بأرسطو، بل يجره من أنفه ويجعله يرقص حسب مشيئته. وهكذا ترين أيتها العقول الخانعة ذات الانحطاط المريع! أهمية انتظار الوقت المناسب! أوَ تستسلمين للعبودية طائعة مختارة، وتتكبلين نهائياً بآراء إرادة أجنبية، فتضطرين إلى الانسياق مقتنعة بأسباب تبلغ من الافحام والبروز مستوى يجعل المرء لا يدري إذا كانت تنطبق فعلاً على الغرض المدروس وتهدف إلى دعم المقولة المقترحة! إن أغرب ما في الأمر هو أن تلك العقول لا تتفق فيما بينها لتحكم فيما إذا كان المؤلف قد ناصر فرضية ما أو عارضها!

أليس هذا ناجماً عن وحي صنم من الخشب؟ أهي التي يجب أن ننتظر منها الأجوبة؟ وهل هذا ما يجب أن نهابه ونجله ونعبده؟

سمبليشيو: ولكن إذا تخلينا عن أرسطو، فمن سيكون دليل العلم؟ اذكر لي اسماً واحداً!

سلفياتي: إن الدليل ضروري في البلاد المجهولة، المتوحشة؛ وإن العميان فقط هم الذين يحتاجون إلى حماية في السهل المفتوح. ومن كانوا في هذه الحال فمن الأجدر بهم أن يلزموا بيوتهم. لكن من يملك الرؤية، بالبصر والبصيرة، فليتخذها له دليلاً! وأنا لا أوصي بعدم الاستماع إلى أرسطو بل، على العكس، أهنىء أولئك الذين يدرسونه بعناية. لكنني، فقط، ألوم أولئك الذين يستسلمون إليه قلباً وقالباً ويوافقونه موافقة عمياء على كل كلمة من كلماته ويعترفون لها بمنزلة الوصايا المحتومة دون أن يبحثوا عن أسباب أخرى. إنها مبالغة تجر إلى ضرر آخر خطير، وهو أن المرء لا يعود يحاول أن يقنع نفسه ببراهينه الشخصية. وهل من فضيحة أعظم من أن ترى رجلاً ينهض في مناقشة عامة تتناول مقولات يمكن اثباتها، فيطرح فجأة شواهد تنتمي غالباً إلى موضوع آخر تماماً ويُسكت خصمه من الذهول؟ وإذا أردتم، مع

ذلك، أن تستأنفوا دراساتكم بهذا الاسلوب فلا تدعوا أنفسكم فلاسفة، بل مؤرخين أو عالمين بما يحفظ عن ظهر قلب؛ لأن من لا يتفلسف بتاتاً لا يحق له أن يدعي لنفسه شرف الفلسفة ـــ لكن من الخير لنا أن نعود إلى الشاطىء كي لا نتيه في بحر محيط لن نستطيع الخروج منه طوال النهار. وأنت، يا سيد سمبليشيو، لك أن تطرح أفكارك وأن تشرح براهينك أو براهين أرسطو، لكن لا تعتمد على الشواهد فقط أو على سلطة عالِم ما؛ لأن أبحاثنا تهتم بعالم الحواس لا بعالم من الورق!

ب ـــ غاليلية يرسم مخططاً أولياً للعلوم الطبيعية الحديثة

إن المقاطع التي اوردناها من غاليله ذات مغزى تاريخي في المجادلات التي خاضها ضد التقاليد. ونورد الآن فصلاً قصيراً مأخوذاً من **أحاديث وبراهين حول علمين جديدين**: فهو يبرز طريقته الجديدة. انها لا تهدف إلى توصيف الظواهر الجديدة: فحركة الجسم الساقط دُرست في كل عصر؛ لكنها لم تكن قط قد فحصت من ناحية القوانين الخاصة التي تحكمها. إن الظاهرة تكون محكومة بقوانين إذا أمكن عزلها عن الحركات العديدة للأجسام الطبيعية والتعرف عليها بدقة والبرهان على خواصها بمساعدة قياسات ومبادىء ومسلمات معينة. **فالبرهان يعني تعريف الظاهرة المرصودة وتحديد أسبابها بالمقارنة مع منطلق افتراضي معين**. ذلك هو الشرط اللازم لكل علم لا يكتفي بالملاحظات العابرة

المتغيرة النسبية. فتعريف الظاهرة يجب إذن أن يرتبط بـ «سلوك» الطبيعة في إطار فرضيات منطوقة؛ فكلمة «طبيعة» تعني، في هذه الحالة، **مقتطعاً أو شريحة محددة بدقة من بين الظواهر المتنوعة التي تسجلها حواسنا**. ويقول غاليله إننا «ضمن هذا المقتطع نترك الطبيعة تقودنا». فالأسئلة والأجوبة والملاحظات والتعيينات لم تعد تتم من خلال المعارف الغيبية أو الدينية أو العمومية؛ بل أصبحت، على العكس، محددة بتواضع. فبينما كان كبلر يلصق بالظواهر ـــ بمعزل عن الرصد ـــ صفة الخلود والغيبية واللاهوتية، راح غاليلة يدافع عن الاتجاه المعاكس. فالعلوم الطبيعية عند كبلر كانت خارج التاريخ تماماً؛ **لكنها اكتسبت عند غاليله بعداً تاريخياً من خلال واقع أن الخواص التي يستهدفها البرهان لا تُفحص إلا في إطار فرضيات يؤسسها البشر**. فاذا تغيرت الفرضيات فان توصيف الظاهرة المدروسة بهذه الطريقة يتغير بما يلائم الوضع الجديد. على أن الطبيعة، ضمن الحدود التي يرسمها البشر في كل حالة خاصة، تعطي الجواب نفسه دوماً. فهذه الاستجابة «الخالدة» اللامتبدلة للقوانين تصبح هدف التأمل العلمي، ويفتخر العلماء بمعرفتها.

حديث حول المنظومتين الرئيسيتين

اليوم الثالث

«سنطور الآن علماً جديداً تماماً حول موضوع قديم جداً. فلا يكاد يوجد شيء في الطبيعة أقدم من الحركة؛ وقد

خصص لها الباحثون مجلدات عديدة وهامة. وأنا، رغم ذلك، أجد فيها أكثر من خاصة تستحق أن تُعرف ولم تفحص ولم تكشف حتى الآن. فقد جرت العادة على ذكر بعض أسهل الخواص الملحوظة، كالواقع الذي يتلخص في أن الأجسام الطبيعية الوازنة التي تقوم بحركة السقوط نحو الأرض تعاني تسارعاً ثابتاً. لكن أحداً لم يكشف لنا حتى الآن القانون الذي يتحكم بهذا التسارع. ففي حدود معلوماتي لم يبرهن أحد على أن المسافات التي يقطعها الجسم الساقط، المنطلق من السكون، خلال فترات زمنية متساوية تتوالى كما تتوالى الأعداد الفردية إنطلاقاً من الواحد؛ وقد لوحظ أيضاً أن القذائف، أي الأجسام المقذوفة، ترسم مساراً منحنياً؛ لكن أحداً لم يبرهن أن هذا المنحني قطع مكافىء. وسأبرهن على أنه فعلاً كذلك وعلى أشياء أخرى مهمة؛ وسأفتح، وهذا ما أعتبره أكثر أهمية، باب علم واسع وسامق تشكل الأعمال التي تشغلنا دوافعه ومنطلقاته. وستتوغل في أعماقه السحيقة أذهان أكثر حصافة مني.

نقسم عرضنا إلى ثلاثة أقسام. نهتم في أولها بكل ما يخص الحركة المنتظمة؛ ونعالج، في الثاني، الحركة المتسارعة طبيعياً؛ ونخصص الثالث للحركة العنيفة، أي للقذيفة.

الحركة المتسارعة طبيعياً

لقد نوقشت خصوصيات الحركة المنتظمة في الكتاب السابق؛ وعلينا الآن أن نتناول الحركة المتسارعة. ومن الملائم، قبل كل شيء، أن نبحث ونشرح التعريف الذي يتفق بالضبط مع سلوك الطبيعة الفعلي. فنحن، بالرغم من أننا نستطيع أن نخترع كما نهوى أي شكل من أشكال الحركة وأن نفحص بعدئذ ما ينتج عنها (إن مخترعي الخطوط اللولبية والسطوح المحارية، الناجمة عن بعض الحركات التي لا تقع، مع ذلك، في الطبيعة، قد برهنوا بهذه الشاكلة وبشكل ملحوظ على خواصها انطلاقاً من فرضيات) إلا أننا، نظراً لأن الطبيعة تبدي نوعاً معيناً من أنواع التسارع في حركاتها أي في سقوط الأجسام الوازنة، آثرنا أن نهتم بخواص هذه الحركات، لأن تعريف الحركة المتسارعة الذي نعطيه يتفق بالضبط مع واقع الحركة المتسارعة الطبيعية.

لقد توصلنا إلى هذه القناعة بعد تفكير طويل؛ والشيء الحاسم الذي أوصلنا إليها يتمثل في واقع أن نتائج التجارب المحسوسة تتفق تماماً مع الخواص التي نود البرهان عليها وتتطابق معها. وانجررنا أخيراً إلى دراسة الحركة المتسارعة طبيعياً وذلك عن

طريق رصد عادات الطبيعة وطرائقها في جميع وظائفها؛ فهي، لكي تمارسها، اعتادت اللجوء إلى الوسائل الأقرب متناولاً والأبسط والأسهل. إذ يبدو لي فعلاً أن ما من أحد يعتقد بإمكانية السباحة أو الطيران بصورة أبسط أو أسهل مما تفعل الأسماك والطيور بالغريزة الطبيعية. فاذا لاحظت إذن أن حجراً كان ساكناً وسقط من عل فاكتسب بعدئذ تسارعاً في حركته، فلماذا لا اعتقد أن هذا التسارع يحدث بأبسط وأسهل ما نتصور؟ فلو نظرنا في الأمر عن كثب فلن نجد تضاعفاً ولا تزايداً أبسط من التزايد الذي يحدث دوماً على منوال واحد. ويمكن أن نفهم هذا بسهولة إذا أخذنا في الحسبان الصلة الوثيقة بين الزمن والحركة. فكما يتعرف انتظام الحركة ورتابتها ويتبينان من خلال تساوي الأزمنة وتساوي المسافات (نقول عن الحركة انها منتظمة عندما يلزم أزمنة متساوية لقطع مسافات متساوية) نستطيع، بتقسيم الزمن إلى فترات متساوية، أن نفهم أن التسارعات تتولد بشكل بسيط. وعلى هذا فان عقلنا يميز أن هذه الحركة رتيبة. وثابتة التسارع بالطريقة نفسها، لأن التسارعات التي يكتسبها في أزمنة متساوية متساوية. فاذا أخذنا عدداً ما، من أجزاء زمن متساوية انطلاقاً من اللحظة الأولى التي يغادر فيها الجسم موضع سكونه ليبدأ حركة

سقوطه، فان السرعة التي يكتسبها أثناء الجزأين، الأول والثاني معاً، تساوي ضعفي السرعة التي يكتسبها خلال الجزء الزمني الأول. والسرعة المكتسبة خلال ثلاثة أجزاء زمنية ستكون ثلاثة أضعاف، وخلال أربعة أجزاء زمنية ستكون أربعة أضعاف السرعة التي يكتسبها خلال الجزء الأول. وعلى هذا (كي نكون أكثر وضوحاً)، إذا استمر الجسم في الحركة بالسرعة التي اكتسبها خلال الجزء الزمني الأول واحتفظ بها، فان حركته تكون أبطأ مرتين من الحركة بالسرعة التي يكتسبها خلال الجزأين الأولين. وهكذا يبدو أننا نستطيع أن نفترض أن شدة السرعة تابع للزمن، دون أن نخالف الحقيقة. يمكن إذن أن نعرِّف الحركة التي نود دراستها بالنص التالي: نقول إن الحركة متسارعة برتابة، أو بانتظام، عندما يعاني الجسم، انطلاقاً من السكون، تسارعاً واحداً في أزمنة متساوية.

حول حركة القذيفة

اليوم الرابع

لقد أتينا على عرض خواص الحركة المنتظمة والحركة المتسارعة طبيعياً على مستو مائل بأي ميل كان. والآن أكلف

نفسي تقديم بعض الظواهر الهامة والتي تستحق أن تعرف، وسأدعمها ببراهين مؤكدة ـ الظواهر التي تتجلى في جسم عندما يعاني حركة ذات خاصة مضاعفة: منتظمة ومتسارعة طبيعياً في الوقت نفسه. يبدو أن حركة القذيفة تستجيب لهذا التعريف. فاليكم كيف أتصور تطورها:

لنتصور جسماً مقذوفاً على سطح مستو أفقي خال من أي عائق. إن المناقشات الواردة في مكان آخر قد دلت على أن هذه الحركة تستمر منتظمة ودون توقف على هذا السطح إذا كان غير محدود. على أننا لو تصورناه محدوداً وواقعاً على ارتفاع ما فان الجسم، الذي افترضناه وازناً، سيخضع، عندما يصل إلى نهاية السطح ويتجاوزها بفضل اندفاعه المنتظم الأولي الذي لا يفقده، وبالاضافة إلى هذا الاندفاع، إلى جذب نحو الأسفل يخصه وحده بسبب ثقله. فينتج عن ذلك حركة تتألف من حركتين: احداهما منتظمة أفقية والأخرى متسارعة طبيعياً نحو الأسفل؛ وأسمي مجموع الحركتين حركة القذيفة. وسنبرهن الآن على بعض خواصها...

إسحاق نيوتن

(٤ كانون الثاني، يناير، ١٦٤٣ــ ٣١ آذار، مارس، ١٧٢٧)

إن المحاكمة المنهجية التي تتبعناها عند غاليله هي الآن شائعة لدى العموم. فالرصد العلمي للطبيعة صار يؤدي كل يوم إلى اكتشافات وفتوح جديدة. ففي انكلترا راح بيكون BACON (١٥٦١ ــ ١٦٢٦) يبرز أهمية الطريقة التجريبية.

لنذكّر ببعض التطبيقات العملية للمعارف الجديدة: في عام ١٦٢٨ اكتشف ويليام هارفي W. HARVAY (١٥٨٧ ــ ١٦٥٨) الدورة الدموية؛ وعام ١٦٠٠ تناول ويليام جلبرت W. GILBERT (١٥٤٠ ــ ١٦٠٣) للمرة الأولى الظواهر المغنطيسية في كتابه **المغنطيس**؛ وفي عام ١٦٤٣ اكتشف توريشيلي TORICELLI (١٦٠٨ ــ ١٦٤٧)، تلميذ غاليله، مقياس الضغط؛ وفي عام ١٦٦٢ اكتشف الانكليزي روبرت بويل R.

BOYLE (١٦٢٧ ــ ١٦٩١) والفرنسي ماريوط E. MARIOTTE (١٦٢٠ ــ ١٦٨٤) قانون انضغاط الغازات.

أما الأسباب العميقة لظاهرة حركة الأجسام فقد بقيت مجهولة، ولكن أمكن تعيين وحساب القوانين التي تحكم القوى والصلات الكائنة فيما بينها.

حتى ذلك التاريخ كان الفكر البشري قد أعد فرضيات علمية، دون أن يأخذ المعطيات الطبيعية في الحسبان، بل بحسب قيمتها الرياضية أو المنطقية وحدها، كي يجعلها فيما بعد أساساً لعمليات الرصد. وسنرى بعد الآن أن هذه الفرضيات لن يمكن أن تكون من صنع الفكر البشري المستقل وحده، بل يجب أن تبرز من خلال ارتباط محكم بنتائج رصد الطبيعة. فعبقرية العالم بالطبيعة تتجلى في استنباط الفرضيات، من خلال الظواهر الطبيعية المعروفة، بفضل مقدرته على ادراك الروابط البسيطة التي يمكن أن تتحول إلى مفاهيم رياضية عامة وأن تفيد كأساس لتفسير الظواهر الطبيعية الأخرى. فالفرضيات التي تدفع عالم الطبيعة إلى القيام بأرصاد وتجارب يجب أن تُستمد من ظواهر طبيعية أيضاً.

أما مذهب نيوتن ــ الذي حرر الطبيعة ليس فقط من ارتباطها بالله بل ومن علاقاتها الوثيقة بالانسان ــ فيتضمن عنصراً جديداً وحاسماً.

ولأن نيوتن يرفض الفرضيات فهو يبدو، بالدرجة الأولى، وكأنه انسان عملي بحت: إن المعارف تُستنتج من الظواهر وتُعمم بالاستقراء. وربما كان كوتس R. COTES أحسن من شرح موقف نيوتن، وهو الذي نشر كتابه: **المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية** (الطبعة الثانية، ١٧١٣). فهو يقسم كل

من يكرس نفسه للبحث في مجال الفيزياء إلى ثلاثة أصناف . فأناس الصنف الأول يعلّقون ببعض الأشياء خواص نوعية وخفية تتوقف عليها تصرفات شتى الاجسام (فهم إذن أنصار الفلسفة المدرسية) . وأناس الصنف الثاني يؤكدون أن مادة العالم متجانسة وأن تنوع الوظائف الخاصة بمختلف الأجسام ناجم عن بعض العلاقات البسيطة ، التي ترى بسهولة ، فيما بين الجسيمات المؤلفة لها . ولكن بما أنهم يجيزون لانفسهم أن يتصوروا أجزاء ذات أشكال وحجوم مختلفة ومجهولة ويمنحونها موضعاً وحركة غير معينين ، فهم ينزلون إلى درك « الهواجس » . « إن أولئك الذي يؤسسون أفكارهم على فرضيات لا يمكن أن يبنوا سوى حكايات قد تكون جميلة وممتعة لكنها مجرد حكايات ، حتى ولو سلكوا فيما بعد سلوك الرصد الدقيق لقوانين الميكانيك » . فهذه الطريقة لا تقود إذن إلى استنتاجات موثوقة . وأخيراً يشرح كوتس طريقة نيوتن كما يلي : « لنتكلم الآن عن الصنف الثالث من علماء الطبيعة ، عن أولئك الذين لا يعترفون ، في فلسفتهم ، إلا بالأسس التجريبية . وهم ، رغم قناعتهم التامة بوجوب استنتاج أسباب كل الأمور انطلاقاً من أبسط ما يمكن من المبادىء ، يقبلون كمبدأ وجود شيء لم يتبين بعد في الظواهر . وهم يستخدمون في هذا البحث طريقتين : التحليل والتركيب . فمن بعض ظواهر مختارة بمهارة يستنتجون بالتحليل قوى الطبيعة وأبسط قوانينها . ثم يشرحون بعدئذ بطريقة تركيبية ترتيب الظواهر الأخرى ومواقعها على أساس أنها تتعلق بتلك القوى مباشرة . انها بلا ريب خير أسلوب في العمل ، وهو أيضا الأسلوب الذي اختاره كاتبنا المرموق والذي اعتقده بحق أفضل من أي أسلوب آخر ... فتفسير منظومة العالَم التي تُستنتج بمثل تلك السهولة من قانون التثاقل تطبيق موفق لهذه الطريقة الجديدة . وقد خطر لبعض الفلاسفة ، قبل السيد

نيوتن ، أن الثقالة يمكن أن تكون صفة مشتركة لكل الأجسام . وقد تصور آخرون ذلك بلا مبرر . أما فيلسوفنا فهو الأول والأوحد الذي استطاع اثباته بالظواهر الطبيعية واعطاه أساساً متيناً بفضل التأملات الأكثر نباهة » .

وهكذا جرى الالحاح على ان استنتاج كنه الأمور انطلاقاً من أسباب ذات وجود حقيقي ومن البحث عن القوانين التي تحكمها ، هما من اختصاص العلم الحقيقي . « على أننا يجب أن لا نستنتج هذه القوانين من افتراضات غير موثوقة ، بل يجب أن نكتشفها عن طريق الرصد والتجربة . هذا وإن التفاخر بالقدرة على اكتشاف مبادىء فيزياء حقيقية وعلى اكتشاف قوانين الطبيعة بقوة العبقرية وحدها ، بصرف النظر عن كل ما يحيط بنا وبالاعتماد على اشراق العقل الباطن ، يعادل القول بأن العالم موجود لضرورته وأن القوانين الطبيعية امتداد مباشر لهذه الضرورة : أو هو ، في حالة الاقتناع بأن هذا العالم صنيعة الله ، شيء من الغرور يدفع صاحبه إلى التصور بأن مخلوقاً صغيراً وضعيفاً ، كالانسان ، يعرف بوضوح ، رغم صغره وضعفه ، أحسن ما استطاع الله صنعه . **إن كل فلسفة سليمة وجديرة بهذا الاسم تعتمد حصراً على الظواهر التي تقودنا ، شئنا أم أبينا ، إلى مبادىء نرى فيها توقد الذكاء الخارق والقدرة المطلقة لكائن واسع الحكمة والمقدرة** » . (كوتس)

لقد أتاح رصد الظواهر والتعميم الاستقرائي لنيوتن أن يكتشف الحركية وقوة دفع الأجسام وقوانين الحركة والثقالة : الجذب الثقالي موجود ويعمل بموجب القوانين التي أصدرها ؛ ويتخذه منطلقاً لتفسير حركات الأجرام السماوية . فهو ينفي الخواص الخفية للأجسام . وباصدار المسلمات التي تتيح تعريف مفاهيم

الكتلة والسبب والقوة والعطالة والمكان والزمان والحركة ، كان نيوتن أول من صنع منظومة للعلوم الطبيعية الحديثة . وهكذا نقرأ في مقدمة الطبعة الأولى (١٦٨٧) لكتابه : **المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية** ، ما يلي : « في الحقيقة ، كل صعوبة الفيزياء تبدو في ايجاد القوى التي تستخدمها الطبيعة ، وذلك من خلال ظواهر الحركة التي نعرفها ، ومن ثم ، في البرهان على الظواهر الأخرى بواسطة هذه القوى . ذلك هو الهدف الذي قصدنا اليه في المقولات العامة الواردة في البحثين الأول والثاني والذي أوردنا تطبيقاً له في تفسير منظومة العالم في البحث الثالث . ففيه نستخدم المقولات الرياضيات المبرهنة لتعيين قوة التثاقل التي بفضلها تنزع الأجسام الى الاقتراب من الشمس ومن الكواكب الأخرى ؛ وبعد ذلك ، وبالاستعانة بالمقولات الرياضية نفسها ، نستنتج من هذه القوى حركات الكواكب والمذنبات والقمر ومياه المحيطات . وقد يجب علينا أن نتوقع ، بخصوص الظواهر الأخرى التي نراها في الطبيعة ، إمكانية استنباطها بالسهولة ذاتها من مبادىء ميكانيكية ؛ فلدي عدة أسباب تحملني على الظن بأنها تتوقف كلها على قوى ما تزال مجهولة المنشأ تدفع حبيبات الأجسام الى التجاذب والاتحاد فيما بينها في أجسام متماسكة أو إلى التنافر المتبادل . ولا شك أن جهل هذه القوى حتى اليوم هو الذي حال دون نجاح الفيزيائيين في محاولتهم تفسير الطبيعة . وإني آمل أن تصبح المبادىء التي قدمتها في هذا الكتاب ذات نفع في هذا النمط من التفكير ، أو في نمط آخر أكثر صحة إذا كنت قد أخطأت الهدف » .

لقد بنى نيوتن فيزياء سماوية خالية من الاعتباط ومن المعجزات ، فيزياء تكتفي بذاتها وتستند على ذاتها ، دون أن يقع ، من جراء ذلك ، في حبائل المادية . فقد بقي متمسكاً بالايمان بإله شخصي ليست آلية الطبيعة سوى وسيلة لتنفيذ

ما يريده. ورغم أن بحر الحقيقة، «المحيط العظيم»، ما يزال قيد الاستكشاف، فان الحقائق المفردة تنتظم بالتدريج لتشكل كلاً واحداً. وهذا هو سبب قوله التالي: «يتملكني شعور صبي وقع هنا وهناك، وهو يلعب على شاطىء المحيط، على حصاة أكثر ملاسة أو على فوقعة أجمل من سواها، بينما يمتد أمامه محيط من الحقيقة ما ارتاده أحد بعد».

«المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية». ــ المبحث الثالث: قواعد لدراسة الطبيعة. ــ حول منظومة العالم.

القاعدة الأولى: يجب أن لا يُقبل من الاسباب سوى ما كان ضرورياً لتفسير الظواهر. يقول الفيزيائيون: إن الطبيعة لا تفعل شيئاً سدى، وإن من العبث أن نعمل بعدد كبير من الأسباب ما يمكن أن يُعمل بعدد أصغر.

القاعدة الثانية: إن المفعولات التي من صنف واحد يجب إذن أن تعزى، بقدر الامكان، إلى أسباب واحدة.

فتنفس الانسان والحيوانات، وسقوط الحجر في أوروبا وفي أمريكا، وضوء نار الموقد وضوء الشمس، وانعكاس النور عن الأرض وعن الكواكب، يجب أن يعزى كل منها إلى الأسباب نفسها.

القاعدة الثالثة : إن خواص الأجسام التي لا تقبل زيادة ولا نقصانا والتي تشترك فيها كل الأجسام التي يمكن أن نخضعها للتجربة ، يجب أن ينظر إليها على أنها خواص تنتمي لكل الأجسام عموماً .

لايمكن معرفة خواص الأجسام إلا بالتجربة ؛ كما أننا يجب أن نعتبر خواص عامة تلك التي توجد في كل الأجسام الخاضعة للتجربة والتي لا يمكن انقاصها ولا حذفها . ومن الواضح أنه لا يمكن أن نواجه التجارب بخواطر وهمية ولا أن نهمل المتشابهات في الطبيعة ، وهي التي تبقى بسيطة على الدوام وتشابه نفسها .

أما امتداد الأجسام فلا يمكن إدراكه إلا بالحواس ، ولا يُدرك لدى كل الأجسام : لكن بما أن الامتداد يظهر في كل تلك التي تقع تحت حواسنا فلا بد أن يكون خاصة مشتركة لكل الأجسام عموماً .

إن التجربة تظهر وجود عدة أجسام قاسية . لكن قساوة الكل تأتي من قساوة الأجزاء ؛ وبذلك نستنتج بحق أن أجزاء الجسم التي تقع تحت الحس ليست وحدها القاسية بل يجب أيضاً أن تكون جسيماته التي لا تتجزأ قاسية .

وعلى هذا المنوال نستنتج أن كل الأجسام لا يمكن الدخول فيها. وبما أن كل الأجسام التي نلمسها لا يمكن الدخول فيها، نعتبر هذه الصفة خاصة تشترك فيها كل الأجسام.

بما أن كل الأجسام التي نعرفها قابلة للحركة وتتمتع بقوة معينة (ندعوها قوة العطالة) تجعلها تستمر في حركتها أو في سكونها، نستنتج أن كل الأجسام عموماً لها هذه الخواص. فالامتداد والقساوة وعدم التداخل وقابلية الحركة وقوة العطالة فيها كلها، تأتي إذن من امتداد الأجزاء وقساوتها وعدم تداخلها وقابلية حركتها وعطالتها. وبذلك نخلص إلى أن أصغر أجزاء كل الأجسام تتمتع بالخواص ذاتها. وهذا هو أساس كل الفيزياء.

وفوق كل ذلك تعلمنا كل الظواهر أن الأجزاء المتجاورة في الجسم يمكن أن تنفصل بعضاً عن بعض، وترينا الرياضيات أن الأجزاء يمكن أن تقسَّم إلى جسيمات أصغر منها بواسطة الحساب. ونحن ما نزال نجهل إذا كانت هذه الأجزاء المنفصلة واللامقسَّمة يمكن أن تتجزأ بواسطة قوى الطبيعة؛ لكن إذا تأكد، بتجربة واحدة، أن واحداً من هذه الأجزاء، التي كنا نظنها لا تتجزأ، قد تجزأ بما هو أصلب منه وأقسى، فسنستنتج بموجب هذه

القاعدة أن كل الأجزاء الأخرى، لا ذلك الذي تجزأ فحسب، يمكن أن تتجزأ.

أخيراً، بما أن كل الأجسام القريبة من سطح الأرض وازنة بالنسبة للأرض وذلك بحسب كمية مادتها، وأن القمر وازن بالنسبة للأرض بحسب كمية مادته، وبما أن بحرنا وازن بالنسبة للقمر، وأن التجارب والأرصاد الفلكية قد أظهرت أن كل الكواكب وازنة واحداً بالنسبة لآخر، وأن المذنبات وازنة بالنسبة للشمس، يمكن أن نستنتج، بموجب هذه القاعدة، أن كل الأجسام تتثاقل بعضاً على بعض فيما بينها.

وهذا الاثبات للتثاقل العالمي للأجسام والمستنبط من الظواهر الطبيعية سيكون أقوى من اثبات عدم تداخلها: إذ ليس لدينا أية تجربة ولا ملاحظة تؤكد لنا أن الأجرام السماوية لا تتداخل. ومع ذلك لا أؤكد أن الثقل جوهري للأجسام. ولا أقصد بالقوة التي تكمن في الأجسام سوى قوة العطالة وحدها، وهي التي لا تزول، بينما الثقل يتناقص بالابتعاد عن الأرض.

القاعدة الرابعة: في الفيزياء التجريبية يجب النظر إلى المقولات المستقاة بالاستقراء من الظواهر، رغم الفرضيات

المعاكسة، على أنها صحيحة بالضبط أو بالتقريب حتى تؤكدها ظواهر أخرى أو تكشف بعض الاستثناءات التي تشذ عنها.

إذ لا يمكن لفرضية أن تزعزع المحاكمات المؤسسة على الاستقراء المستمد من التجربة.

البحث الثالث من «المبادىء الرياضية»

المقطع الرابع: عن المذنبات

اليكم ما كان لدي أقوله لله الذي يهتم العلم بدراسة صنائعه.

لقد فسرت حتى الآن الظواهر السماوية وظواهر البحر بقوة التثاقل، لكنني لم أذكر في أي مكان سبب هذا التثاقل. إن هذه القوة تأتي من شيء غائص في مركز الشمس والكواكب دون أن تفقد شيئاً من فاعليتها: فهي (ككل الأسباب الميكانيكية) لا يتوقف عملها على كبر سطوح الجسيمات المتأثرة بها ولكن على كتلة مادتها، ويمتد تأثيرها في كل الجهات إلى مسافات شاسعة متناقصاً بالتدريج كما يتناقص مقلوب مربع المسافة لدى ازديادها.

إن تثاقل الجرم نحو الشمس يتألف من مجموع تثاقل

جسيماته، ويتناقص لدى الابتعاد عن الشمس متناسباً تناسباً عكسياً تماماً مع مربع المسافة عنها حتى يبلغ مسار زحل، ونستدل على ذلك من ثبات موقع أوج كل كوكب، كما يستمر تأثيره حتى يبلغ أوج كل مذنب، إذا كان هذا الأول ثابتاً في موقعه.

انني لم أتوصل بعد إلى أن استنتج من الظواهر سبب خواص التثاقل هذه، ولا أتصور أية فرضية. لأن كل مالا يمكن استنتاجه من الظواهر ليس سوى افتراض: هذا وإن الفرضيات، سواء كانت ميتافيزيائية أو فيزيائية، ميكانيكية أو من مجال الأوصاف الخفية، يجب أن لا تُفتح لها أبواب الفيزياء. ففي هذا العلم تُستمد المقولات من الظواهر ثم تُعمم بالاستقراء. فبهذه الصورة تم التعرف على عدم تداخل الأجسام وعلى قابليتها للحركة وعلى قواها وعلى قوانين حركتها وتثاقلها. وإلى هنا نكتفي بوجود التثاقل وبأنه يعمل وفق القوانين التي ذكرناها وبأنه قادر على تفسير حركات كل الأجرام السماوية وحركة البحر.

وربما تسنح الفرصة هنا لاضافة شيء بخصوص هذا النوع من الروح النفاذة التي تتوغل في كل الأجسام الصلبة، والكامنة في جوهر وجودها. فبفضل قوة هذه الروح وفعلها تتجاذب

جسيمات الجسم إلى أقرب المسافات وترتصّ معاً عندما تتجاور ؛ وبواسطتها تفعل الأجسام المتكهربة فعلها على أبعد المسافات ، في جذب الجسيمات المجاورة وفي نبذها . كما أن الضوء أيضاً يستمد من هذه الروح في صدوره وانعكاسه وانعراجه وانكساره وفي تسخين الأجسام. إن كل الاحساسات تتهيج ، وأعضاء الحيوان تتحرك عندما تأمر الحواس ، بفضل حركة هذه الهيولة الروحية التي تنتشر من اعضاء الحس الخارجية غبر شبكة متماسكة من الأعصاب توصلها إلى الدماغ ومنه إلى العضلات. لكن هذه الأشياء لا تتفسر بكلمات قليلة؛ ونحن لم نقم بعد بعدد من التجارب كاف لكي نعين ونثبت بدقة القوانين التي تعمل بموجبها هذه الروح الكونية الشاملة.

ـ ٢ ـ

نشوء النظرة الميكانيكية والمادية

١ ـ تطبيق طريقة الميكانيك النيوتني في مجالات أخرى (الضوء)

كريستيان هويغنز

(١٤ نيسان، أبريل، ١٦٢٩ ـ ٨ حزيران، يونيو، ١٦٩٥)

لقد اتُبعت طريقة الميكانيك النيوتني في مجالات من الطبيعة أكثر فأكثر إتساعاً. فسُعي إلى عزل الظواهر الطبيعية وإلى تعيين القوانين التي تحكمها. ففي مقدمة كتابه، **الموسَّع في الضوء**، كتب هويغنز ما يلي.

« يوجد، في هذا الموسع، أنماط من البراهين تتولد من يقين لا يقل عن يقين الهندسة، حتى أنها تختلف عنها كثيراً. فبينما يبرهن علماء الهندسة على مقولاتهم معتمدين على مبادىء مؤكدة لامراء فيها، سنرى هنا أن المبادىء تتبرر بالنتائج التي نستخلصها منها، لأن طبيعة الأمور التي نعالجها لا تحتمل أن نفعل خلاف ذلك. على أننا قد نتوصل إلى درجة من المعقولية لا تقل في غالب الأحيان عن

دقة البرهان المحكم؛ وهذا ما يحدث عندما تنتمي الأمور التي نبرهن عليها، بواسطة المبادىء المفترضة، بتمامها إلى الظواهر التي أبرزتها التجربة، وخصوصاً عندما نملك عدداً كبيراً من التجارب، ورئيسياً عندما نتصور ونتوقع ظواهر جديدة من شأنها أن تستجيب للفرضيات المبرهنة، فنجد بصددها أن الواقع يتفق مع ما نتوقع. فاذا صادف أن تحققت معقولية هذه البراهين في كل ما رأيت معالجته، على الشكل الذي بدا لي، فان هذا سيكون برهاناً ساطعاً على نجاح ابحاثي، ولن يكون من السهل أن تحدث الأمور بشكل مغاير جداً لما أشرحه».

يعرض كريستيان هويغنز الضوء على أساس أنه حركة مادة ما وينسب مفعولاته إلى اسباب ميكانيكية.

لنذكر أن هويغنز يستخدم كلمة «فلسفة» بمعناها الأولي، أي بمعنى حب العلم. والفصل التالي، المأخوذ من كتابه، **الموسع في الضوء**، يظهر أن ميكانيك نيوتن ينطبق على عدد متزايد من الظواهر الطبيعية.

أشعة تنتشر في خطوط مستقيمة

إن البراهين التي تخص علم الضوء، على شاكلة ما يحدث في كل العلوم التي نطبق فيها الهندسة على المادة، تعتمد على حقائق مستمدة من التجربة، كانتشار أشعة الضوء في خطوط مستقيمة، مثلاً، وكالتساوي بين زوايتي الورود والانعكاس، وكانكسار الشعاع وفق قاعدة الجيبين التي غدت معروفة والتي لا تقل يقيناً عن سابقاتها.

إن غالبية من كتبوا في مختلف فروع علم الضوء اكتفوا بافتراض هذه الحقائق سلفاً . وآخرون قليلون ، أكثر فضولاً ، أرادوا البحث عن المنشأ والأسباب على اعتبار أنها، هي نفسها، مفعولات طبيعية مدهشة . وبهذا الصدد قدموا أفكاراً مبتكرة، لكنها لم تكن تروق للأكثرين ذكاءً ممن ينشدون شروحاً أكثر إقناعاً . وعلى هذا أود هنا أن أقدم تأملاتي في هذا الموضوع كي أساهم، بقدر ما أستطيع، في إيضاح هذا الفرع من العلوم الطبيعية المعروف بحق أنه واحد من أصعبها . واعترف أنني أدين بذلك لأولئك الذين كانوا أوائل البادئين في تبديد العتمة التي كانت تغلف هذه الأشياء وفي نشوء الأمل في امكانية تفسيرها بأفكار معقولة . لكنني ، من جهة أخرى ، أندهش من أن هؤلاء أنفسهم أرادوا ، في غالبيتهم ، تمرير محاكمات أقل وضوحاً من أن تعتبر مؤكدة ومقنعة ، لأنني لا أجد حتى اليوم أحداً منهم فسر بشكل مقبول أوليات ظواهر الضوء وأهمها ، وأعني أسباب انتشاره في خطوط مستقيمة، وكيف يمكن لعدة أشعة ضوئية آتية من اتجاهات شتى أن تتقاطع دون أن يعرقل بعضها بعضاً .

سأحاول إذن ، في هذا الكتاب وبالاعتماد على مبادىء مقبولة في فلسفة اليوم ، أن أسوق أسباباً ، أوضح واكثر معقولية ،

لخواص الانتشار المستقيم أولاً ولانعكاس الضوء عن الأجسام ثانياً. ثم أشرح ظواهر الأشعة التي يقال انها تعاني انكساراً عندما تجتاز السطح الفاصل بين جسمين شفافين. سأعالج أيضاً مفعولات الانكسار في الهواء بسبب الفروق الكثافية في الجو.

سأفحص بعدئذ أسباب الانكسار الغريب في بعض البلورات المجلوبه من إسلندا. وسأعالج أخيراً الأشكال المختلفة للأجسام الشفافة والعاكسة التي تتجمع بواسطتها الأشعة الضوئية في نقطة أو تنحرف بأنماط عديدة. وسنرى عندئذ أية سهولة تبديها نظريتنا الجديدة في العثور على القطوع الناقصة والقطوع الزائدة والمنحنيات الأخرى التي اخترعها ديكارت بمهارة لهذا الغرض، وليس هذه المنحنيات فقط بل والأشكال الأخرى التي يجب أن يعطاها سطح الزجاج عندما نعرف سطحه الآخر، كروياً أو مستوياً أو من أشكال أخرى.

لا يعقل أن نشك في أن الضوء مؤلف من حركة مادة ما. لأننا لو نظرنا في توليده لوجدنا، عندنا على الأرض، أنه يصدر رئيسياً عن النار واللهب وهما يحويان بلا ريب أجساماً في حركة سريعة لأنها تذيب وتصهر عدة أجسام ذات صلابة كبيرة؛ فاذا أمعنا النظر في آثاره نرى أن الضوء عندما يتجمع، كما في المرآة

المقعرة، يكتسب خاصة الحرق كما تفعل النار، أي أنه يفكك أجزاء الأجسام، مما يدل على الحركة بالتأكيد، في الفلسفة الحقيقية على الأقل، في تلك التي تعزو المفعولات الطبيعية إلى أسباب ميكانيكية. وهذا في رأيي ما يجب عمله، إلا إذا تخلينا نهائياً عن كل أمل في أن نفهم شيئاً في الفيزياء.

ولما كنا، بموجب هذه الفلسفة، متأكدين تماماً من أن حاسة الرؤية لا تتهيج إلا بانطباع حركة مادة ما تؤثر في الأعصاب الموجودة في قعر عيوننا، فان هذا سبب آخر للاعتقاد بأن الضوء يتألف من حركة مادة تقع بيننا وبين الجسم المنير.

وإذا اعتبرنا فوق ذلك السرعة العظيمة لانتشار النور في كل الاتجاهات، وأن أشعته عندما تأتي من مواضع مختلفة، ولو كانت متقابلة، تتقاطع دون أن يعيق بعضها بعضاً، ندرك جيداً أن النور لا يمكن أن يكون مادة تنطلق من الجسم المنير وتصل الينا كجسيمات أو كأسهم تخترق الهواء: لأن هذه الفكرة تتعارض، جداً وبالتأكيد، مع خاصتي الضوء هاتين، والثانية خصوصاً. فهو إذن ينتشر بأسلوب آخر، وإن ما نعرفه عن انتشار الصوت في الهواء يمكن أن يقودنا إلى فهم الضوء.

هذا ونحن نعلم أن الصوت ينتشر حول مصدره بفضل الهواء، والهواء جسم لا يرى ولا يلمس، والصوت حركة تنتقل بالتوالي من جزء من الهواء إلى جزء آخر، وهذه الحركة تنسرح بسرعة واحدة في كل الاتجاهات؛ فلا بد إذن من أن تتشكل سطوح كروية تنداح من واسع إلى أوسع وتتقدم حتى تصل لتقرع آذاننا. ولا شك أن الضوء يصل أيضاً من الجسم المنير الينا بفضل حركة تتسلط على مادة تقع بين المنبع والمورد، لاننا رأينا أن النور لا يمكن أن ينتشر كانتقال جسم من مكان لآخر. وإذا كان النور، فوق ذلك، يستغرق زمناً على هذا الطريق، وهذا ما سنفحصه بعد قليل، ينتج أن هذه الحركة المتسلطة على المادة متوالية وأنها، بالتالي، تنداح كما يفعل الصوت على شكل سطوح وأمواج كروية: لانني أسميها أمواجاً بسبب شبهها بالأمواج التي نراها تتشكل على سطح الماء عندما نلقي فيه حجراً، وتنداح على شكل دوائر متوالية بالنمط الذي ذكرناه رغم أنها تنجم عن سبب آخر وتتشكل على سطح مستو.

٢ ــ نشوء المذهب الميكانيكي ــ المادي

إن انطلاق العلوم الطبيعية في القرن السابع عشر قد أدى إلى تشكل مجامع علمية (المجمع الفرنسي، عام ١٦٣٥، مجمع لندن الملكي، ١٦٦٣). فانبثقت عدة تيارات فلسفية تنطلق من نتائج الأبحاث التي حصلت في ميدان العلوم الطبيعية. ودون أن نسترسل في هذا الموضوع نذكر أسماء ثلاثة فلاسفة: بيير غاسندي P. GASSENDI (١٥٩٢ ــ ١٦٥٥)، روبرت بويل (١٦٢٧ ــ ١٦٩١) ورينيه ديكارت R. DESCARTES (١٥٩٦ ــ ١٦٥٠)، سيكون لهم أصداء ميتافيزيائية في سماء النظرية الميكانيكية.

كان غاسندي في البدء أستاذ بلاغة وفلسفة ثم استاذ رياضيات في باريس. وكان يبدو له أن مذهب ابيقور EPICURE في الذرة يقدم تفسيراً ميكانيكياً لأسباب الظواهر الطبيعية. فبالرغم من أن المادة قابلة، رياضياً، للانقسام إلى

مالا نهاية ، إلا أننا نصطدم في نهاية الأمر ، عملياً ، بذرات لا تقبل الانقسام وتتمتع بخاصتي القساوة وعدم التداخل . فكل الظواهر ، بمنشئها وزوالها ، تنجم عن اتحاد وانفصال هذه الذرات المفطورة على نزوع أصيل إلى الحركة . على أن من المهم أن نذكر أن غاسندي يعزو الانتظام الذري إلى الله .

وبتأثير غاسندي أصبح بويل ، هو الآخر ، من أنصار التفسير الذري : يوجد مادة وحيدة موزعة وقابلة للانقسام ولا تتداخل ؛ فالحركة تؤدي إلى نشوء جسيمات هبائية لها حجم وشكل ووضع ، كلها معينة ، وتتحد لتشكل أجساماً مركبة . ويرى بويل أيضاً أن سبب الحركة موجود في الله . فهو يقول في أحد كتبه : « إذا منحنا الجسيمات ، التي يتألف منها كل عنصر ، مقداراً وشكلا معينين فلن يكون من الصعب أن نبرهن أن هذه الجسيمات المختلفة الأشكال يمكن أن تتمازج في ظروف عديدة ومتسقة بأساليب عديدة لدرجة أن بالامكان تركيب عدد هائل من الأجسام الصلبة ذات الطبائع المختلفة : لسبب رئيسي هو أن جسيمات العنصر الواحد تستطيع أن تشكل ، بارتباط بسيط فيما بينها ، كتلاً صغيرة تتميز ، بمقدارها وشكلها ، عن الأجزاء التي تؤلفها » .

أما عند ديكارت فان الرياضيات هي السبيل الذي يقود الى استكشاف الحقيقة ؛ وانطلاقاً من المثنوية الروحية ـــ المادية بين الهيولة المفكرة والهيولة الممتدة كان ديكارت أول من حاول تعريف ميكانيك للسماء وميكانيك للروح ، وتعريف الطبيعة اللاعضوية والطبيعة العضوية : ان الفيزيولوجيا وعلم الفلك هما عنده **علمان ميكانيكيان صرفان** . والطبيعة لا يمكن أن تتفسر إلا بذاتها ، وقوانينها تتطابق مع قوانين الميكانيك . إن التأثير المتزايد للعلوم الطبيعية يظهر عنده في وقت

مبكر ؛ ونتائج الأبحاث الجارية في هذا الميدان تخدمه في تأكيد مبادىء مذهبه الفلسفي . هذا وإن النزوع إلى استخدام المكتشفات العلمية لاستخلاص نتائج فلسفية أصبح أكثر فأكثر بروزاً : فنحن نشهد اختفاء الموقف المتواضع الذي كان يحصر مدى قوانين الطبيعة في إطار المسائل المطروحة في كل حالة خاصة وفي ميادين محددة تماماً . لقد أعطى الفكر الميكانيكي إذن دفعة للمذهب المادي الذي راح يفرض نفسه بالتدريج ويزدهر في عصر الأنوار . وكان جون لوك J. LOCKE (١٦٣٢ ـــ ١٧٠٤) أكبر أنصاره في انكلترا .

أما في فرنسا فان عصر الأنوار الذي أعطى **موسوعة العلوم والفنون والحرف** (١٧٥١) فيحمل بصمتي فولتير VOLTAIRE ودالمبير D'ALEMBERT . ويرينا المقطع التالي المأخوذ من « حديث تمهيدي للموسوعة » لأية درجة أهمل المذهب الحذر للعلماء التقليديين الذين كانوا يحدون من مجال تطبيق المقولات المستخلصة من التجارب .

أصبحت المحاولات تهدف بالأحرى إلى استنتاج كل العلوم من إدراكات الانسان الحسية . وبذلك أتاحت العلوم الطبيعية نشوء فلسفة خاصة خالية أساسياً من أي فكر نقدي . والشواهد التالية المأخوذة من مؤلفين ماديين تفصّل هذا التطور .

جان لورون دالَمبير

(١٦ كانـون الثـاني، ينايـر ، ١٧١٧ــ (٢٩ تشريـن الأول، اكتوبـر ، ١٧٨٣)

إن المادة والحركة أصبحتا مفروضات علمي التوازن والميكانيك . وأصبح العلماء يفخرون بأن يستطيعوا أن يقولوا إن القوانين المكتشفة في توازن وحركة الأجسام المحيطة بنا ، هي القوانين المرصودة فعلاً وإنها بالتالي صحيحة بالضرورة . وقد تخلوا منذئذ عن كل تفسير ميتافيزيائي : وهذا ما عبر عنه دالمبير في مقدمة كتابه : **الموسع في علم التحريك** (باريس ١٧٤٣) حيث يقول :

« ينتج من كل هذه التأملات أن قوانين التوازن والميكانيك المعروضة في هذا الكتاب هي القوانين الناجمة عن وجود المادة والحركة . وواضح أن التجربة تبرهن على صحة هذه القوانين بالرصد الفعلي للأجسام التي تحيط بنا . فقوانين التوازن والحركة كما تتجلى من خلال الرصد هي إذن من الحقائق الملزمة . وربما

اكتفى الميتافيزيائي، في سبيل البرهان على ذلك، بالقول بأن حكمة الخالق وبساطة آرائه تقضيان بأن لا يخلق، للتوازن والحركة، سوى القوانين النابعة من الوجود الذاتي للأجسام ولعدم قابليتها للتداخل بعضاً في بعض. **لكننا اعتقدنا أن من واجبنا هجر هذا الأسلوب في المحاكمة**، لانه بدا لنا أنه يعتمد على مبدأ غامض أكثر مما ينبغي؛ إن طبيعة الكائن الأعظم **أخفى علينا** من أن نستطيع أن نعرف مباشرة ما يتفق، أو مالا يتفق، مع ما تراه حكمته؛ فنحن نستطيع فقط أن نلمح آثار هذه الحكمة في رصد قوانين الطبيعة بعد أن تكشف لنا المحاكمة الرياضية بساطة هذه القوانين وأن تُظهر لنا التجارب تطبيقاتها ومدى شموليتها».

إن النظرة المادية المعتمدة على قوانين الميكانيك بلغت مرحلة الرشد: لقد أخذت الطبيعة شكل جملة حركات وطاقات ومقادير قابلة للقياس.

حديث تمهيدي لموسوعة عام ١٧٥١

إن كل معارفنا المباشرة تنجم عما نستقبله بحواسنا. فنحن إذن ندين لاحساساتنا بكل أفكارنا.

اننا، في هذه الدراسة التي نجريها على الطبيعة للضرورة تارة وللتسلية تارة أخرى، نلاحظ أن الأجسام لها عدد كبير من الخواص، لكن غالبيتها متحدة في كل واحد لدرجة أننا، لكي ندرس بعمق كلاً منها على حدة، نضطر إلى معالجتها كلاً لوحده.

وبهذه العملية الذهنية نكتشف خصائص تبدو مشتركة في كل الأجسام، كقابلية الحركة أو البقاء في حالة سكون أو قابلية نقلها للحركة، وهي سبب التغيرات الرئيسية التي نلاحظها في الطبيعة. إن فحص هذه الخواص، والأخيرة خصوصاً، بمساعدة حواسنا الشخصية، تجعلنا نكتشف خاصة أخرى تتوقف عليها الخواص السابقة: إنها عدم قابلية التداخل أو قل هذا النوع من القوة التي تجعل كل جسم يمنع أي جسم آخر من احتلال مكانه، بحيث لا يمكن لجسمين مهما تقاربا أن يحتلا حيزاً أصغر من الحيز الذي يحتلانه منفصلين.

إن عدم قابلية التداخل هي الخاصة الرئيسية التي نميز بواسطتها الأجسام عن أجزاء الفضاء اللامتناهي الذي نتصور أنها موضوعة فيه؛ ذلك هو على الأقل ما تمليه علينا حواسنا، وإذا كانت تخدعنا في هذا الأمر فإن خطأنا فيه سيكون خطأً ميتافيزيائياً لدرجة أن وجودنا واستمراره لن يجدا ما يخشيانه منه، وأننا سنعود إليه باستمرار، رغماً عنا، مدفوعين باسلوب ادراكنا المعتاد.

إن كل الأشياء تدفعنا إلى أن ننظر إلى الفضاء على أساس أنه موضع الأجسام، إن لم يكن كذلك في الواقع فبالافتراض على

الأقل. ونحن فعلاً نتوصل إلى تشكيل أوضح فكرة ممكنة عن الحركة بمساعدة أجزاء هذا المكان التي نعتبرها ساكنة وقابلة لأن تدخل فيها الأجسام. فنحن إذن مدعوون، بشكل يكاد يكون طبيعياً، إلى أن نميز، بالفكر على الأقل، نوعين من الامتداد المكاني: أحدهما لا يقبل التداخل والآخر موضع الأجسام. وهكذا، فبالرغم من أن عدم قابلية التداخل موجودة بالضرورة في الفكرة التي نشكلها عن أجزاء المادة، إلا أنها خاصة نسبية؛ أي أننا لا ندركها إلا عندما ننظر إلى الجسمين معاً؛ ومع ذلك نعتاد بسهولة على أن نعتبرها شيئاً متميزاً عن الامتداد وأن نعتبر الامتداد شيئاً منفصلاً عنها، رغم أن عدم قابلية التداخل افتراض ضروري لتشكيل فكرة عن المادة.

في إطار هذه الاعتبارات الجديدة لا نعود نرى الاجسام إلا كأجزاء ذات شكل وامتداد في الفضاء؛ تلك هي أعم وجهات النظر واكثرها تجريداً، مما يمكن أن نرتئيه بهذا الخصوص. لأن الامتداد الذي لا نرى فيه إطلاقاً أي جزء ذي شكل لن يكون سوى صورة نائية ومظلمة يفوتنا فيها كل شيء، لاستحالة تمييز أي شيء فيها. فاللون والشكل. وهما خاصتان ملازمتان للأجسام رغم

اختلافهما من جسم لآخر، يفيدان بمعنى ما في إخراج الأجسام من أرضية الفضاء، وإن إحدى هاتين الخاصتين تكفي وحدها في هذا الشأن. على أننا، لكي ندرس الأجسام بأعظم عقلانية ممكنة، نفضل الشكل على اللون: إما لأن الشكل مألوف لدينا أكثر من اللون لأننا ندركه بالنظر واللمس، وإما لأن من الأسهل علينا أن نمحص في شكل الجسم دون لونه من أن نمحص في لونه دون شكله، وإما لأن الشكل يفيد في تعيين أجزاء المكان بسهولة أكبر وبطريقة أقل غموضاً.

وهكذا نجد أنفسنا مسوقين إلى تعيين خواص الامتداد من زاوية الشكل فقط. ذلك هو هدف علم الهندسة. وفي سبيل بلوغ هذا الهدف يعتمد هذا العلم أولاً على الامتداد المقصور على بعد واحد، ثم على بعدين، وأخيراً على الابعاد الثلاثة التي تشكل كنه الجسم المدرَك، أي الجزء الفضائي المحدود في كل الاتجاهات بحدود تصورية.

وهكذا وبعمليات تجريدية متتابعة نجرد المادة من معظم خواصها المحسوسة حتى لا نكاد نرى سوى شبحها؛ فنحس، منذ البداية، أن المكتشفات التي يقود اليها هذا العمل لن تخلو من

فائدة كبيرة، وذلك في كل مرة لا نرى فيها ضرورة لمراعاة خاصة عدم التداخل، كأن نريد مثلاً دراسة حركة الأجسام باعتبار أنها أجزاء من الفضاء ذات شكل وحركيات ومسافات تفصل بينها.

بما أن الفحص الذي نجريه على الامتداد ذي الشكل يُظهر لنا عدداً كبيراً من التراكيب التي يجب القيام بها، فمن الضروري أن نخترع وسيلة تجعل هذه التراكيب أسهل؛ وبما أن هذه التراكيب تنبع رئيسياً من الحساب ومن النسب بين شتى الأجزاء التي نتصور أن الأجسام الهندسية مؤلفة منها، فان هذا البحث يقودنا إلى **علم الحساب** أو **علم الأعداد**. وليس هذا العلم سوى فن يتيح أن نجد، بشكل مختصر، صيغة نسبة وحيدة تنتج من مقارنة عدة صيغ. هذا وإن الطرق المختلفة في مقارنة هذه النسب تعطي قواعد علم الحساب.

ولو تفكرنا في هذه القواعد فمن الصعب جداً أن لا نرى بعض المبادىء أو خصائص عامة لهذه النسب نستطيع بواسطتها، وبالتعبير عن هذه النسب بشكل شمولي، أن نكتشف مختلف التركيبات التي يمكن أن نصنعها. ونتائج هذه التركيبات، عندما تصاغ بشكل عام، لن تكون في الواقع سوى حسابات عددية

مصوغة وممثلة بأبسط وأوجز صيغة يمكن أن تحتملها عموميتها.

إن العلم، أو الفن، في التعريف بهذه النسب هو ما نسميه **الجبر**. وبذلك، ورغم أنه لا يمكن أن نجري حساباً، بالمعنى الحرفي لهذه الكلمة، إلا على الأعداد، وأن لا مقدار قابلاً للقياس سوى الامتداد، (لأننا، بدون الفضاء، لا نستطيع قياس الزمن بدقة) نتوصل، بتعميم أفكارنا باستمرار، إلى هذا الفرع الرئيسي من الرياضيات ومن كل العلوم الطبيعية، **والذي نسميه علم المقادير عموماً**. إنه أساس كل الاكتشافات التي يمكن أن نحصل عليها بخصوص الكمية، أي بخصوص كل ما هو قابل للزيادة وللنقصان.

ولهذا السبب، وبعد أن استنفذنا نوعاً ما وبالمحاكات الهندسية خواص الامتداد ذي الشكل، نعود لنرد إليه خاصة عدم التداخل التي تؤلف الجسم الفيزيائي والتي كانت آخر صفة محسوسة جردناه منها. إن اعتبارها يجر إلى اعتبار فعل الأجسام بعضاً ببعض لأن الأجسام لا تفعل هذا الفعل لولا خاصة عدم التداخل؛ ومن هنا تبرز قوانين التوازن والحركة، هدفي علم **الميكانيك**. ونستطرد في ابحاثنا إلى حركة الأجسام المتحركة بفعل

قوى أو أسباب محركة مجهولة، شرط أن يكون القانون الذي تعمل هذه الأسباب بموجبه معروفاً أو يفترض أنه معروف.

إن استخدام المعلومات الرياضية ليس قليل الأهمية في دراسة الأجسام الأرضية التي تحيط بنا. إن كل الخواص التي نلاحظها في هذه الأجسام لها، فيما بينها، روابط تتفاوت شدة إحساسنا بها: إن معرفة هذه الروابط، أو اكتشافها، هي الشيء الوحيد الذي يتاح لنا معرفته؛ وهو، بالتالي، الوحيد الذي يجب أن نهتم به. فليس إذن بالفرضيات الغامضة والاعتباطية نستطيع أن نأمل معرفة الطبيعة، إنما بالدراسة الواعية للظواهر وبمقارنة بعضها ببعض، وبقدر الإمكان، بممارسة فن ارجاع عدد كبير من الظواهر إلى ظاهرة واحدة يمكن أن تتخذ مبدأ. وفي الحقيقة، يتسع مجال تطبيق مبادىء العلم بمقدار ما يتناقص عددها؛ ذلك أن هدف العلم محدد حتماً، فكلما كانت المبادى التي نطبقها لبلوغه قليلة العدد كانت أكثر خصوبة.

وبصريح العبارة: إن العلوم التي تهتم بالحساب وبالمقادير وبخواص الامتداد العامة، أي الجبر والهندسة والميكانيك ولا شيء سواها، تستحق أن تمهر بطابع المعقولية الواضحة.

جوليان أوفروا دو لامتري

(٢٥ كانون أول، ديسمبر، ١٧٠٩ ــ ١١ تشرين الثاني، نوفمبر، ١٧٥١)

إن طبيعة الحركة، كطبيعة المادة، ما تزال مجهولة لدينا. كما أننا نجهل كيف تحدث، إلا إذا أحيينا، مع مؤلف **تاريخ الروح**، مذهب «الأشكال الهيولية» القديم اللامعقول. فانا إذن، في جهلي كيفية تحول المادة من عاطلة وبسيطة إلى نشيطة وعضوية، اجد عزاءً لا يختلف عن عزائي في عدم استطاعتي مشاهدة الشمس دون زجاج أحمر. كما انني ذو طبع ليّن كالعجين في تقبل عجائب الطبيعة الغريبة الأخرى.

دعونا فقط نقبل أن الأداة المنظمة تتمتع بمبدأ محرك (وهل نستطيع أن نرفض ما تؤيده الملاحظة التي لا مراء فيها؟) وأن كل شيء في الحيوانات يتوقف على تنوع هذا التنظيم، وقد قدمت على

ذلك ما يكفي من البراهين؛ إن هذا كاف لكي نحرز لغزالمواد ولغز الانسان. فبه نرى أن لا يوجد سوى مادة واحدة في العالم وأن الانسان أكثر مظاهرها كمالاً. إنه، بالنسبة للقرد والحيوانات ذات الروح، كنواس هويغنز الكوكبي بالنسبة لميقاتية جوليان لوروا. فاذا لزم لدراسة حركة الكواكب عدد من الأدوات والدواليب والنوابض أكبر مما يلزم لعد الساعات ولتكرارها، ولئن لزم لفوكنسون[1] VAUCANSON كي يصنع «نافخ المزمار» أكثر مما لزم لصنع «البطة»، لاحتاج إلى أكثر من ذلك لو أراد صنع «انسان متكلم»، وهي آلة لا يمكن بعد الآن أن نعتبرها مستحيلة، وخصوصاً في يدي برومثيوس[2] آخر.

وعلى هذه الشاكلة كان من الضروري إذن أن تستخدم الطبيعة فناً أعظم وأدوات أكثر كي تصنع وتغذي آلة استطاعت، خلال قرن كامل، أن تسجل خفقات القلب والعقل. فاذا لم يكن

---

(١) عامل ميكانيكي فرنسي (١٧٠٩ — ١٧٨٢) اشتهر بصنع دمى متحركة آلياً، وخصوصاً نافخ المزمار والبطة. (المترجم).

(٢) إلة النار عند الاغريق. تروي أسطورته أنه صنع إنساناً من الفخار ثم سرق جذوة من نار السماء كي يجعلها روحاً له، فعاقبه كبير الآلهة زفس بأن صلبه على قمة جبل كي ينهش النسر كبده التي كانت تتجدد باستمرار. ثم خلصه هرقليس بعد أن قتل النسر. (المترجم).

النبض ميقاتية تعد الساعات فهو على الأقل معيار للحرارة والنشاط نحكم به على طبيعة الروح. أنا لست مخطئاً، إن الجسم البشري ميقاتية، لكنها عظيمة ومصنوعة بكل هذا الفن والمهارة لدرجة أنه لو توقف دولاب الثواني فان دولاب الدقائق سيستمر في الدوران، كما يستمر دولاب الأرباع والدواليب الأخرى بعد أن تتوقف الدواليب الأولى بسبب الصدأ أو أي شيء يعيق حركتها. إذ لا يكفي انسداد بعض الأوعية الدموية لانهيار القلب أو لايقاف خفقاته؛ وكما في أحد آلات المصنع، إذ أن الموائع التي ينقص حجمها يقصر طريقها فتسري بسرعة كبيرة وكأنها منجرفة بتيار جديد، كذلك تشتد قوة القلب بسبب المقاومة التي تبديها نهايات الأوعية الدموية. وعندما ينقرض العصب البصري وحده فيمنع مرور صورة الأشياء ويحرم المرء من الرؤية، هل يعيق ذلك حاسة السمع؟ وهل تعطل حاسة السمع يمنع الرؤية؟ أليس صحيحاً أيضاً أن هناك من يسمع دون أن يستطيع أن يقول انه يسمع (إلا بعد الاصابة)، وأن هناك من لا يسمع، من ذوي الاعصاب اللسانية السليمة، يستطيع أن يروي آلياً كل الرؤى التي تخطر في رأسه؟ انها ظواهر لا يستغربها الأطباء الواعون؛ فهم يعلمون شئون طبيعة الإنسان. وانني، بهذه المناسبة، أقول إن

أحسن الطبيبين، أي أحقهما بالثقة، هو أكثرهما إلماماً بالفيزياء وبميكانيك جسم الانسان، وهو الذي يدع الروح وما تسببه للاغبياء والجهلة من أصناف القلق، ليهتم جدياً وحصراً بعلم الطبيعة المحض.

٣ ـــ أزمة المذهب الميكانيكي ـــ المادي

مدخل إلى «مبادىء الميكانيك»

إن النصين الشاهدين اللذين أوردناهما هنا يبرزان المراحل الأولى للفكر العلمي الحديث ونشأة النظرة الميكانيكية المادية ؛ وهما مأخوذان من مؤلفين كانا رائدي هذا التطور . وسنكتفي ، في هذا الجزء الثالث ، بايراد نص هام مأخوذ من لوي دو بروي L. DE BROGLIE يوجز فيه بشكل مثالي أسباب أزمة الفكر الميكانيكي ـــ المادي .

أما مقدمة هاينريش هرتز H. HERTZ في «**مبادىء الميكانيك**» فتفيد كجسر عبور . إن هذا النص يرينا كيف بدأت الفيزياء تتذكر أنها علم طبيعي ، **ليس لمقولاته المقصورة على مجالات محدودة من الطبيعة سوى قيمة محدودة أيضاً : وأنه ليس فلسفة تشرح مفهوماً للطبيعة بمجملها ولجوهر الأمور** . بين هرتز أن المقولات الفيزيائية لا يمكن أن تكشف عن الطبيعة الجوهرية

للظواهر ولا يجب اعتبارها كذلك . **فهو يتحقق من أن التعاريف الفيزيائية ليست** سوى صور لا يمكن أن نحكم على انسجامها مع أمور الطبيعة إلا في نقطة واحدة : في معرفة فيما إذا كانت نتائجها المستقاة منطقياً من تصوراتنا منسجمة مع النتائج التي نرصدها بشكل تجريبي في الظواهر التي نرسم صوراً لها . أو ، بتعبير آخر : إن الصور المفترضة لعلاقة سببية ، والتي بفضلها نتناول الظواهر الطبيعية ، يجب أن نتأكد إمكانية استخدامها في التجربة العملية . ونستطيع أن نختبر هذه الامكانية بالمعايير الثلاثة التالية التي يجب أن تستجيب لها الصور :

١ ــ يجب أن تكون **مقبولة** ، أي أن تتفق مع قوانين عقلنا .

٢ ــ يجب أن تكون **صحيحة** ، أي أن تتفق مع التجربة الخارجية .

٣ ــ يجب أن تكون **مفيدة** ، أي أن تتضمن أكبر عدد ممكن من الصلات الجوهرية فيما بينها ، وأصغر عدد ممكن من الصلات التافهة والتي لا لزوم لها لبلوغ الغرض .

وهنا ، ومنذ ذلك الوقت ، نجد تلك الفكرة الجوهرية للفيزياء الحديثة والتي أجاد إدينغتن EDDINGTON التعبير عنها إجادة مدهشة حين قال : « لقد رأينا ، في أبعد المجالات التي ذهب إليها العلم ، أن الذهن البشري لم يكسب من الطبيعة أكثر مما وظف فيها . وفي تخوم المجهول اكتشفنا بصمات غريبة ؛ فاخترعنا نظريات شاملة لاستجلاء أصلها ؛ وبعد أن توصلنا إلى تجميع أجزاء المخلوق الذي تركها اكتشفنا أنها بصماتنا نحن » .

هاينريش هرتز

(٢٢ شباط ، فبراير ، ١٨٥٧ ــ ١ كانون الثاني ، يناير ، ١٨٩٤)

إن تأمين متطلبات التنبؤ بالتجارب المستقبلية ، كي نستطيع تنظيم اعمالنا وفق هذا التنبؤ ، هو المهمة القادمة التي تهدف إليها معرفتنا الواعية للطبيعة ، وهي ، بمعنى ما ، أعظم مهامها .

إن التجارب والخبرات السابقة ، سواء كانت آتية من الملاحظات العابرة أو من المحاولات الارادية ، تُتخذ في كل الظروف أساساً لحل مسألة المعرفة هذه . ولكي نستنتج المستقبل من الماضي ونصل إلى العلم القبلي المقصود نلجأ مع ذلك دوماً إلى الطريقة التالية : نرسم صوراً تمثيلية داخلية نتخيلها أو رموزاً لأغراض

خارجية ، ونعطيها شكلاً يجعل النتائج الفكرية ، الناجمة إلزامياً عن هذه الصور ، صوراً للنتائج الطبيعية الناجمة إلزامياً عن الأشياء التي تمثلها . ولكي نستطيع تحقيق هذا المطلب يجب أن يوجد توافق ما بين ذهننا والطبيعة . وقد علمتنا التجربة أن هذا المطلب يمكن أن يتحقق ، وبالتالي ، أن هذا التوافق موجود فعلاً . وعندما ننجح ، انطلاقاً من التجارب المتراكمة حتى الآن ، في رسم صور للخاصة المرغوبة يمكن ، في وقت قصير ، أن نطور فيها ، كما نفعل في نموذج مجسد ، ونصل إلى النتائج التي لن تظهر في العالم الخارجي إلا في المستقبل البعيد أو بنتيجة تدخلنا . فنحن إذن نملك استباق الوقائع وتوجيه قراراتنا الحالية بحسب ما نكتسبه من معلومات .

إن الصور التي نتكلم عنها هي تمثيل للاشياء نصنعه بأنفسنا ؛ وهي على وفاق مع الأغراض في نقطة واحدة ، هي أن المطلب المقصود محقق ، لكن غايتها لا تستدعي غير هذا الوفاق . فنحن في الواقع نجهل ، ولا حيلة لنا في ذلك ، فيما إذا كان التمثيل الذي نصور به الأشياء ينطبق عليها حقاً في أية نقطة أخرى غير هذه الصلة **الوحيدة** الأساسية .

لا مراء في أن الصور التي نريد أن نرسمها للأشياء لا تتعين

فقط بالضرورة التي تتطلب أن تكون نتائج الصور، من جديد، صوراً للنتائج. فهناك عدة صور ممكنة للشيء الواحد، وهذه الصور يمكن أن تختلف فيما بينها من عدة وجوه. ففي البدء يجب أن نستبعد كل صورة تنطوي على تناقض مع قوانين محاكمتنا، ونتمسك إذن، وقبل كل شيء، بأن تكون صورنا مقبولة منطقياً، أو مقبولة فحسب. ونقول عن الصورة المقبولة إنها غير صحيحة عندما تكون صلاتها الداخلية الجوهرية متناقضة مع صورة الأغراض الخارجية، أي عندما لا تحقق هذا المطلب الأولي الأساسي. يجب إذن أن تكون صورنا صحيحة. لكننا قد نجد، لشيء واحد، صورتين مقبولتين وصحيحتين، لكنهما مختلفتان في القيمة النفعية. إن أكثر الصورتين نفعاً هي تلك التي تتضمن أكبر عدد من صفات الغرض الجوهرية، ولنقل أبرزهما. وإذا تكافأت الصورتان في البروز فان أنفعهما هي تلك التي تتضمن، بالاضافة إلى السمات الجوهرية، أقل عدد من العلاقات الزائدة أو التافهة، ولنقل أبسطهما. هذا ولا يمكن اجتناب كل العلاقات التافهة في الصورة، لأن من المفروض، منذ البدء، في الصور أن تكون مجرد صور يرسمها ذهننا الشخصي، ولا بد إذن من أن يسِمها باسلوبه في تمثيل الأمور.

لقد أتينا على تعداد ما نتطلبه من الصور نفسها؛ أما مستلزمات العرض العلمي لمثل هذه الصور فهي غير ذلك تماماً. فنحن نطلب من العرض أن يبين لنا بوضوح ما هي الخواص التي مُنحت للصورة كي تكون مقبولة وصحيحة ونافعة. فإمكانية تعديل الصورة وتحسينها تتوقف على ذلك. والعناصر الموضوعة في الصورة لغايات نفعية محتواة في التعاريف والرموز والمختزلات، وباختصار، في كل ما يمكن أن نضيفه أو نخرجه حسبما نريد. أما العناصر الموضوعة في الصور بهدف الصحة فمحتواة في الوقائع التجريبية التي أتاحت استنباطها. وتلك التي وُضعت بهدف جعلها مقبولة، تأتي من خواص ذهننا. ونستطيع أن نحسم مسألة قبول الصورة بلا أو نعم لا مراء فيهما، ويكون قرارنا نهائياً. ويمكن أيضاً أن نحكم برأي موثوق في صحة الصورة، لكن هذا القرار لا يصح إلا في حدود معارفنا الحالية ونحن على علم بإمكانية تغييره عندما تتسع هذه الحدود. أما مسألة نفع الصورة فلا يمكن حسمها بشكل مؤكد، إذ قد تختلف الآراء بخصوصها؛ وكل صورة من الصور يمكن أن تتصف بمزايا في ميدان ما، ولا نستطيع تقرير أيها أكثر نفعاً إلا بعد فحص متعمق مستمر للعديد من الصور.

تلك هي، على ما يبدو لي، الأسس التي يجب أن نبني عليها أحكامنا بخصوص قيم النظريات الفيزيائية وعرضها. إنها، على كل حال، الأسس التي نعتمدها اليوم في شتى شروح مبادىء الميكانيك. وعلينا وضوحاً أن ندقق، قبل كل شيء، في ما نعنيه بهذا القول.

ففي المعنى الأصلي كان يُقصد بجملة مبدأ الميكانيك مقولة لا يمكن إرجاعها الى مقولات أخرى من الميكانيك نفسه، بل كان يُراد اعتبارها ناجمة مباشرة عن مصادر معرفية أخرى.

ومن خبرتنا في التطور التاريخي نرى أن بعض المقولات التي اعتبرت مبادىء، عن جدارة في عصر معين وفي ظروف معينة، قد أمكن أن نحتفظ لها بهذا الاسم فيما بعد، رغم تبين خطأ هذا الموقف. فمنذ لاغرانج LAGRANGE قيل مراراً أن مبادىء مركز الثقل والسطوح لم تكن في اعماقها سوى مقولات تقنية ذات مضمون عام. لكننا يمكن أن نلاحظ، وبحق أيضاً، أن بقية المبادىء المزعومة لا يمكنها مع ذلك أن تحمل هذا الاسم بصورة مستقلة بعضاً عن بعض، وأن كلاً منها ينزل إلى مرتبة الاستنتاج أو النص التقني بمجرد أن نؤسس بناءالميكانيك على مبدأ أو على

عدة مبادىء أخرى. فمفهوم المبدأ الميكانيكي ليس إذن محدداً بوضوح. ومع ذلك نحتفظ بالتسمية الشائعة لهذه المقولات في بعض الحالات الخاصة؛ لكننا عندما نتكلم عن مبادىء الميكانيك عموماً فان هذه العبارة لا تعني هذه المقولات الملموسة بل أية مجموعة منتخبة من مثل هذه المقولات أو من مقولات مشابهة، شرط أن نستطيع استنتاج كل الميكانيك منها دون أن نلجأ إلى التجربة.

وبهذه الأوصاف تصبح مفاهيم الميكانيك الأساسية، والمبادىء التي تربط بينها، تمثيلاً للصورة البسيطة التي ترسمها الفيزياء لأشياء العالم المحسوس ولوقائعه. وبما أننا نستطيع أن نعرض مبادىء الميكانيك بعدة طرق مختلفة، وذلك بانتخاب المقولات الأساسية، فاننا نحصل على صور مختلفة للأشياء ونستطيع أن نفحصها وأن نقارن فيما بينها بخصوص مقبوليتها وصحتها وفائدتها.

لوي دو بروي (١٨٩٢)

خطى التقدم في الفيزياء المعاصرة

إن الفيزياء، ككل علوم الطبيعة، تتقدم في طريقين مختلفين : طريق التجربة ، من جهة ، وهو يسمح باكتشاف عدد متزايد من الظواهر والوقائع الفيزيائية وبتحليلها ؛ وطريق النظرية ، من جهة ثانية ، وهو يفيد في ربط الوقائع المعروفة وتجميعها في منظومة متماسكة ، وفي إرشاد البحث التجريبي وذلك بالتنبؤ بوقائع جديدة . ومن تضافر جهود التجربة والنظرية تنشأ في كل عصر مجموعة المعارف التي تشكل محتوى الفيزياء في ذلك العصر .

وعندما بدأ العلم الحديث تطوره فان أول ما شد انتباه الفيزيائيين كان ، بطبيعة الأمر ، دراسة الظواهر الفيزيائية التي

نشاهدها حولنا. فهنا مثلاً نجد دراسة توازن الأجسام وحركتها، وهي التي أنشأت ذلك الفرع من الفيزياء الذي نسميه اليوم علم الميكانيك؛ ودراسة الظواهر الصوتية قادت إلى علم الصوتيات؛ وباجتماع وتصنيف الظواهر التي يتدخل فيها النور نشأ علم الضوء.

لقد كان من مفاخر فيزياء القرن التاسع عشر ومن عظيم مهامها أنها دققت جيداً ووسعت، في كل اتجاه، معارفنا عن الظواهر التي تحدث في المجال المحسوس. فهي لم تكتف بالاستمرار في تطوير علوم الميكانيك والصوتيات والضوء، تلك الفروع العظيمة في العلم فحسب، بل وخلقت، قطعة بعد قطعة، علوماً جديدة ذات مظاهر متنوعة عديدة: الترموديناميك وعلم الكهرباء.

لقد تمكن علماء وتقنيو ذلك العصر، من خلال سيطرتهم على المجال الواسع من الوقائع التي تغطيها تلك الفروع الفيزيائية، من اختراع عدد هائل من التطبيقات العملية. فمن الآلة البخارية إلى المواصلات الراديوية يوجد عدد لا يحصى من الاختراعات الناجمة عن تقدم الفيزياء في القرن التاسع عشر، وما زلنا نتمتع بها

حتى اليوم. إن هذه المخترعات تحتل، بصورة مباشرة أو غير مباشرة، في حياتنا اليومية مكاناً معروفاً لدرجة تغنينا عن تعدادها.

ففيزياء القرن الماضي توصلت إذن إلى السيطرة التامة على الظواهر المحيطة بنا. ومما لا ريب فيه أن دراسة هذه الظواهر ما يزال بإمكانها أن تقود إلى معارف كثيرة وتطبيقات جديدة؛ لكن يبدو أن الشيء الجوهري في هذا المجال قد تم الحصول عليه.

وبذلك، وشيئاً فشيئاً منذ ثلاثين أو أربعين عاماً، اتجه اهتمام رواد الفيزياء نحو ظواهر أكثر حرجاً، ظواهر يستحيل كشفها وتحليلها دون تقنية تجريبية عالية الاتقان، وهي الظواهر الجزيئية والذرية والتي تحدث داخل الذرة. فالذهن البشري، بالفعل، لا يشبع فضوله أن يعلم كيف تتصرف الأجسام المادية بمجمل تكوينها وفي ظواهرها الاجمالية أو كيف يظهر التفاعل بين الضوء والمادة عندما نراه بمجمله. بل لا بد من التوغل إلى التفاصيل، ومن تحليل بنية المادة وبنية الضوء، ومن تحديد الأفعال العنصرية التي يشكل مجموعها المظاهر الاجمالية. وللقيام باعباء هذا الاستقصاء الصعب لا بد، قبل كل شيء، من تقنية تجريبية دقيقة جداً، قادرة على كشف وتسجيل اكثر التفاصيل نعومة

وحرجاً وعلى قياس دقيق لمقادير أصغر بما لا يقاس من المقادير المألوفة في التجارب الشائعة. لا بد أيضاً من نظريات جريئة تستند على فروع عالية من الرياضيات ولا تتورع عن استخدام صور ومفاهيم جديدة بكليتها. ومن هنا ندرك عظم ما يلزم من مهارة وصبر وموهبة لتشكيل هذه الفيزياء الذرية وتطويرها.

فمن الناحية التجريبية تميز التقدم بمعرفة تتوغل شيئاً فشيئاً إلى المكنونات النهائية للمادة وإلى الظواهر المرتبطة بهذه المكنونات.

فمنذ زمن بعيد كان الكيميائيون يقبلون في محاكماتهم بأن الأجسام المادية مكونة من ذرات. فدراسة خواص الأجسام المادية اتاحت فعلاً تصنيفها في زمرتين: الأجسام المركبة التي يمكن، بعمليات ملائمة، ارجاعها إلى أجسام أبسط؛ والأجسام البسيطة، أو العناصر الكيميائية، التي تقاوم كل محاولة لتفكيكها. وقد قادت دراسة القوانين الكمية، التي تتحد الأجسام البسيطة بموجبها لتشكل الأجسام المركبة، الكيميائيين منذ قرن كامل إلى تبني الفرضية التالية: «إن الجسم البسيط مكون من جسيمات صغيرة متماثلة كلها تسمى ذرات الجسم البسيط. أما

الجسم المركب فيتألف من جزيئات مكونة من عدة ذرات من أجسام بسيطة». وبموجب هذه الفرضية فان تفكيك الجسم المركب إلى عناصره المكونة يعود إلى تكسير جزيئات هذا الجسم لتحرير ذراته المكونة له. إن عدد الأجسام البسيطة المعروفة اليوم يبلغ ٨٩، ويُظن أن عددها الكلي يساوي ٩٢ (وربما ٩٣). فمن ٩٢ نوعاً من الذرات المختلفة تتألف اذن كل الأجسام المادية.

إن الفرضية الذرية لم تنجح في تنظيم الكيمياء فحسب، بل وتوغلت أيضاً إلى أعماق الفيزياء. فاذا كانت الأجسام المادية مكونة من جزيئات وذرات، فان خواصها الفيزيائية لا بد من أن تتفسر بهذه البنية الذرية. فخواص الغازات مثلاً يجب أن تتفسر بقبول أن الغاز يتألف من عدد هائل من ذرات أو جزيئات ذات حركة سريعة: إن الضغط الذي يسلطه الغاز على جدران الوعاء الذي يحويه ناجم عن اصطدام الذرات بهذه الجدران؛ ودرجة حرارة الغاز تعبير كمي عن الهياج الوسطي لجزيئاته، وهذا الهياج يشتد لدى ارتفاع درجة الحرارة. إن هذا المفهوم لبنية الغاز والذي تطور في النصف الثاني من القرن التاسع عشر تحت أسم «النظرية الحركية للغازات» أتاح تفسير أصل قوانين الغازات التي كشفتها التجربة.

وإذا كانت النظرية الذرية صحيحة، فان خواص الأجسام الصلبة والسائلة لا بد من أن تتفسر بقبول أن الجزيئات أو الذرات، في هاتين الحالتين الفيزيائيتين، أكثر ارتصاصاً مما هي عليه في الحالة الغازية؛ كما أن القوى الهائلة المتبادلة عندئذ داخل الذرات والجزيئات تفسر خاصة عدم الانضغاط وخاصة التماسك... الخ التي تميز الجوامد والسوائل. إن النظرية الذرية للمادة قد تأكدت في تجارب جميلة مباشرة، كتجارب جان بيران J. PERRIN التي أتاحت قياس وزن شتى أنواع الذرات وعدد الذرات في السنتيمتر المكعب.

دون أن ندخل أكثر من ذلك في تطور النظرية الذرية نذكر فقط أن الفرضية التي تقول بأن كل الأجسام مؤلفة من جزيئات وأن الجزيئات مكونة من تجمع أنواع من الذرات العنصرية، قد ثبتت فائدتها العظيمة، في الفيزياء كما في الكيمياء، لدرجة جعلتها تفرض نفسها كتمثيل جيد للحقيقة. لكن الفيزيائيين لم يكتفوا بذلك، فارادوا أن يعرفوا مم تتألف الذرات نفسها وأن يفهموا بم تختلف ذرات شتى العناصر بعضاً عن بعض. وفي هذا الصدد استعانوا بتقدم المعارف في الظواهر الكهربائية. فمنذ أن بدأت

دراسة الظواهر الكهربائية ظهر أن من المفيد اعتبار التيار الكهربائي، الذي يسري في سلك معدني، جريان «مائع كهربائي» عبر السلك. لكن ثمة نوعين من الكهرباء كما نعلم: الموجبة والسالبة. فكان من الطبيعي أن يفترض وجود مائعين كهربائيين: المائع الموجب والمائع السالب. يمكن أن نتمثل هذين المائعين باسلوبين مختلفين: إما على شكل هيولة تتوزع بانتظام في كل المنطقة التي يحتلها المائع؛ وإما على شكل غيمة من الجسيمات الصغيرة، كل جسيم حبة كهرباء صغيرة. لكن التجربة شهدت لصالح الصورة الثانية، وعلمتنا منذ ثلاثين عاماً أن الكهرباء السالبة مكونة من حبيبات متماثلة كلها وذات كتلة وشحنة كهربائية صغيرتين لدرجة مذهلة. وقد أطلق على كل منها اسم الكترون. وقد أمكن اخراج الكترونات من المادة ودرس اسلوب سلوكها عندما تتحرك في الخلاء؛ فوجد أنها تتحرك كما يجب أن تتحرك بموجب قوانين الميكانيك التقليدي في حركة الجسيمات المتكهربة؛ ولدى دراسة سلوكها في الحقل الكهربائي وفي الحقل المغنطيسي أمكن قياس شحنتها وكتلتها فتبين، كما ذكرنا، أنهما صغيرتان جداً. أما بخصوص الكهرباء الموجبة فان إثبات بنيتها الحبيبية لم يكن مباشراً تماماً؛ لكن الفيزيائيين توصلوا

إلى القناعة بأن **الكهرباء الموجبة مقسمة هي أيضاً** إلى حبيبات كلها متماثلة، وتسمى اليوم «بروتونات».

ان كتلة البروتون، رغم صغرها أيضاً، اكبر بألفي مرة تقريباً من كتلة الالكترون، وهذا الأمر يُظهر عدم تناظر مستغرَب بين الكهرباء الموجبة والكهرباء السالبة. لكن شحنة البروتون تساوي، بالقيمة المطلقة، شحنة الالكترون، بيد أنها تغايرها بالاشارة.

إن للالكترونات والبروتونات كتلاً صغيرة جداً، لكن هذه الكتل غير معدومة، وإن عدداً كبيراً من الالكترونات والبروتونات يمكن أن يؤلف كتلة كلية محسوسة. وهذا الأمر يغرينا بأن نفترض أن كل الأجسام المادية المتميزة جوهرياً بواقع أن لها ثقلاً وعطالة، أي بكتلها، مؤلفة فقط من بروتونات والكترونات عددها هائل. ومن وجهة النظر هذه نجد أنفسنا مسوقين إلى أن نعتبر ذرات العناصر، وهي المكونات العميقة التي بنيت منها كل الأجسام المادية، مؤلفة هي الأخرى من الكترونات وبروتونات، وأن الـ ٩٢ نوعاً من الذرات التي تمثل ٩٢ عنصراً يجب أن تكون ٩٢ تجميعاً مختلفاً من الكترونات وبروتونات.

إن فكرة أن الذرات مكونة من بروتونات والكترونات

حظيت بدعم تجريبي وتدقيق بفضل أعمال الفيزيائي الكبير رذرفورد RUTHERFORD وأعمال الدانمركي بور BOHR النظرية العظيمة. فقد تبين أن ذرة الجسم البسيط تتألف من نواة مركزية تحمل شحنة موجبة تساوي عدداً صحيحاً ح من شحنات بروتونية ومن ح الكترون تدور حول النواة: فالذرة إذن حيادية من الناحية الكهربائية. ولا شك أن النواة نفسها تتألف من بروتونات والكترونات، كما سنرى بالتفصيل بعد قليل. وكل كتلة الذرة تقريباً مجمعة في النواة لأن النواة تحوي بروتونات. والبروتونات أثقل من الالكترونات بكثير. وابسط الذرات ذرة الهدروجين، وتتألف من بروتون واحد يدور حوله الكترون واحد. ومما يميز ذرة عنصر عن ذرة عنصر آخر هو عدد الشحنات الموجبة العنصرية، ح، التي تحويها النواة: يمكن إذن أن نرتب الأجسام البسيطة في سلسلة من قيم ح المتزايدة، انطلاقاً من الهدروجين (ح = ١) حتى الأورانيوم (ح = ٩٢). وقد تبين أن هذا الترتيب التسلسلي يتطابق مع الترتيب التسلسلي للاجسام البسيطة وفق أوزانها الذرية المتزايدة ووفق خواصها الكيميائية، أي مع ما كان معروفاً تحت اسم تصنيف مندلييف MANDELEEF (اسم الكيميائي الروسي الذي اكتشفه).

لا أستطيع أن أشرح هنا لماذا رحب الفيزيائيون بفكرة أن الذرة تشكل ضرباً من منظومة شمسية مصغرة تتألف من نواة (شمس) ومن الكترونات (كواكب) . لكنني أكتفي بالاشارة إلى أنها أتاحت تفسير الخواص الكيميائية للأجسام الصلبة ، وليس هذا فحسب ، بل وفسرت أيضاً عدداً كبيراً من خواصها الفيزيائية ، كتركيب الاشعاع الضوئي الذي تستطيع الذرات إصداره في ظروف معينة ، كالتوهج بالتسخين الشديد مثلاً .

على أن هناك أمراً لابد من الكلام عنه . فلكي يستطيع أن يطور بشكل مرض هذه النظرية في الذرة المكافئة للمنظومة الشمسية ، اضطر بور إلى إدخال فكرة غريبة استوحاها من نظرية الكم التي كان بلانك قد طورها قبل ذلك . وقد ذكرت منذ قليل ان الالكترون ، في التجارب التي تمكن من اتباع حركته ، يتصرف كجسيم ذي كتلة ضعيفة وأننا يمكن أن نعالج حركته في الميكانيك التقليدي . لكن حركة الالكترون على مسارات ذات أبعاد صغيرة جداً هي حركة متعذرة الرصد ، ولهذا لم يكن أمام بور سوى أن يتخيل حركته ليحسب خصائصها في نموذجه الكوكبي . فتبين ، لبلانك أولاً ، أن مثل هذه الحركات لا تذعن لقوانين الميكانيك

التقليدي. فمن بين كل الحركات التي يسمح بها هذا الميكانيك، لا يوجد سوى بعض حركات معينة يمكن للالكترون أن يقوم بها فعلاً. وقد أطلق على هذه الحركات اسم الحركات «الكمومية». وبذلك اضطر بور، في نظرية الذرة الكوكبية، إلى الأخذ بفكرة بلانك فوجد أن الالكترونات الكوكبية لا يمكن أن يكون لها سوى حركات كمومية. فأصبحت هذه الفكرة نقطة الانطلاق للحصول على جميع خواص الذرة.

وبموجز العبارة نقول: إن دراسة خواص الأجسام المادية جعلت الفيزيائيين يعتبرون أن المادة مؤلفة من جسيمات صغيرة: الكترونات وبروتونات؛ وأن اعداداً من هذه الجسيمات تنتظم في منظومات كوكبية عديدة لتؤلف ذرات ٩٢ نوعاً من الأجسام البسيطة، ومن هذه الذرات تتشكل جزيئات الأجسام المركبة. تلك هي النتيجة التي تم الوصول إليها منذ عشرين عاماً تقريباً. وسنرى بعد قليل أن الموقف قد تعقد فيما بعد. لكننا نتوقف الآن قليلاً عن الاهتمام بشئون المادة كي نتكلم عن الضوء.

إن الضوء، عندما يصل الينا من الشمس أو من النجوم، يدخل في عيوننا بعد أن يكون قد اخترق مسافات شاسعة في

فضاء خال من المادة. فالضوء، بعكس الصوت مثلاً، قادر على الانتشار في الخلاء دون صعوبة، فلا حاجة به لأي حامل مادي. فليس باستطاعتنا إذن أن نحيط علماً بالعالم الفيزيائي إذا لم نضف إلى المادة كائناً آخر مستقلاً عنها، هو الضوء.

لكن ما هو الضوء، وم يتألف؟

لقد قال فلاسفة الأقدمين، وكثير من العلماء حتى مطلع القرن الماضي، بأن الضوء مؤلف من حبيبات صغيرة ذات سرعة كبيرة. والواقع أن هذا الرأي يفسر مباشرة انتشار الضوء في خط مستقيم في الظروف الشائعة وانعكاسه عن المرايا.

لكن هذه النظرية الحبيبية هُجرت تماماً، منذ قرن مضى، بنتيجة اعمال الفيزيائي الانكليزي يونغ YOUNG، وخصوصاً بنتيجة أعمال العالم العبقري الفرنسي فرينل FRESNEL. فقد اكتشف هذان العالمان عدداً من الظواهر الضوئية، ظواهر التداخل والانعراج، لم يمكن تفسيرها في ظل النظرية الحبيبية؛ بينما بدأت تظهر نظرية أخرى، عرفت باسم النظرية الموجبة للضوء، أمكن بواسطتها تفسير الظواهر الضوئية التقليدية في الانتشار

المستقيم والانعكاس والانكسار، والظواهر الجديدة في التداخل والانعراج، وقد اثبت فرينل كل ذلك بشكل يثير الاعجاب.

إن النظرية الموجبة للضوء، التي كان يقول بها علماء فطاحل من أمثال الهولندي هويغنز، تقبل ان انتشار الضوء يحدث على شاكلة انتشار الموجة في المواد المرنة، كما تنتشر التجعدات على سطح ماء راكد عندما نلقي فيه حجراً. ولما كان الضوء ينتشر في الخلاء فقد اضطر فرينل إلى تصور ضرب من هيولة رشيقة، اسماها الأثير، تغمر كل الأجسام المادية وتملأ الفضاء الخالي فتلعب دور حامل للأمواج الضوئية.

لنشرح الآن كيف يمكن أن نفهم الموجة. إن الموجة، عندما تنتشر بحرية، تشبه سلسلة المويجات التي تنتشر على سطح الماء حيث تكون ذُراها المتوالية مفصولات بمسافات متساوية تسمى كل مسافة منها «طول الموجة». إن مجموعة هذه المويجات تسير في منحى انتشارها بسرعة ثابتة تسمى سرعة انتشار الموجة، وهي في حالة الضوء في الخلاء تساوي ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية الزمنية الواحدة، كما ثبت من قياسات تجريبية أجريت بعد وفاة فرينل. وإذا أمعنا النظر في نقطة ثابتة من الفضاء يتبين أن

المويجات المتعاقبة، بذراها وسفوحها ووهادها، تمر بها واحدة تلو أخرى. فالمقدار الذي ينتشر موجياً يتغير إذن دورياً في كل نقطة، وهذا الدور يساوي وضوحاً الزمن الذي ينقضي بين مروري ذروتين متعاقبتين بنقطة واحدة.

وبهذه الصورة ندرك كيف تتقدم الموجة في منطقة لا تحوي ما يعيق انتشارها. لكن الأمور تجري بصورة مختلفة إذا اصطدمت الموجة بحاجز أثناء انتشارها، كأن تصادف سطحاً يوقفها أو يعكسها، أو تضطر إلى المرور عبر فتحات موجودة في الحاجز، أو تلتقي حبيبات مادية تنثرها. عندئذ تضطرب الموجة وتنكفىء على نفسها، وبدلاً من أن نشاهد موجة بسيطة نصبح إزاء انضمام موجات بسيطة؛ وتتعلق الحالة الاهتزازية، في كل نقطة، بما ينتج عن انضمام شتى الموجات، فأما أن تتآزر جميعها فتشتد خفقاتها وإما أن تتعارض وتتفانى. فاذا تآزرت في نقطة أي، كما يقال، اتفقت في الطور فان الاهتزازة الحاصلة في تلك النقطة تصبح شديدة جداً؛ أما إذا تعارضت في نقطة، أي إذا تعاكست في الطور، فان الاهتزازة الحاصلة في تلك النقطة تصبح ضعيفة جداً وربما تنعدم فتهمد. وبمختصر القول، إذا وجد عائق مشوش

لانتشار الموجة فانه يؤدي إلى أن تتوزع شدات الاهتزاز على نقاط الفضاء بشكل معقد؛ وهذا التوزع يتوقف جوهرياً على طول الموجة الواردة. تلك هي ظواهر التداخل والانعراج.

وهكذا، إذا تبينا أن الضوء أمواج، نتوقع حدوث ظواهر تداخل وانعراج إذا صادفت الموجة أثناء سيرها ما يعيق حرية حركتها. وقد برهن يونغ، ثم فرينل، على حدوث مثل هذه الظواهر فعلاً في الضوء، ثم أثبت فرينل فوق ذلك أن هذه النظرية الموجية تصلح لتفسير كل الظواهر الضوئية بكل تفاصيلها. ومنذ ذلك الوقت وخلال القرن الماضي كله أصبحت الطبيعة الموجية للضوء معتمدة بدون جدال.

ومن المعلوم أنه يوجد أنواع عديدة من الأضواء البسيطة يتميز كل منها بـ «لون» معين. وأن الضوء الأبيض، الصادر عن الأجسام المتوهجة كسلك المصباح الكهربائي مثلاً، مؤلف من انضمام مجموعة من الأضواء البسيطة تتسلسل ألوانها بالتدريج من البنفسجي إلى الأحمر لتؤلف ما يسمى «طيف الضوء». وهذا ما يقود النظرية الموجية، بمقتضى هذه الحال، إلى تمييز كل نوع من الضوء، كل مركبة لونية في الطيف، بطول موجة يخصه وحده. ولما

كانت ظواهر التداخل تتوقف على طول الموجة، فان هذه الظواهر تتيح قياس أطوال الموجات المميزة لشتى ألوان الطيف. وبهذا الصدد أمكن معرفة أن طول الموجة يزداد بشكل مستمر من الطرف البنفسجي للطيف، حيث يساوي ٤ أجزاء من عشرة آلاف جزء من الميليمتر، إلى طرفه الأحمر حيث يساوي ضعفي هذه القيمة تقريباً.

وهكذا، وحتى مطلع هذا القرن، لم يكن يتطرق الشك إلى الطبيعة الموجية البحتة للضوء وللاشعاعات الأخرى التي من جنسه. بيد أن ظواهر جديدة تولدها الاشعاعات الضوئية، اكتشفت منذئذ ولم يمكن تفسيرها إلا بالنظرية الحبيبية. وأهم هذه الظواهر كان المفعول الفوتوكهربائي (الكهرضوئي) الذي نشرحه فيما يلي: عندما ننير قطعة من المادة، معدناً مثلاً، فاننا كثيراً ما نشعر ان هذه المادة تصدر الكترونات سريعة الحركة. لقد برهنت دراسة هذه الظاهرة بالتجربة أن سرعة الالكترونات المطرودة لا تتعلق إلا بطول موجة الضوء الذي كان سبباً في اقتلاعها وبطبيعة المادة التي تتلقى هذا الاشعاع؛ لكن هذه السرعة لا تتعلق بتاتاً بشدة الاشعاع الوارد، وإنما يتعلق بهذه الشدة عدد الالكترونات

المطرودة فقط. كما تبين أيضاً أن طاقة الالكترونات المطرودة تتغير متناسبة عسكياً مع طول الموجة الواردة. وعندما فكر آينشتاين في هذه الأمور اتضح له أن تفسيرها يستدعي العودة، جزئياً على الأقل، إلى البنية الحبيبية للاشعاع الضوئي. وعندما فرض أن الاشعاعات مؤلفة من حبيبات تنقل طاقة متناسبة عكسياً مع طول الموجة، أثبت أن قوانين المفعول الفوتوكهربائي يمكن استنتاجها بسهولة من هذه الفرضية.

عندها وجد الفيزيائيون فيزياءهم في موقف حرج. فهم، من جهة أولى، يملكون مجموعة ظواهر التداخل والانعراج التي تثبت أن الضوء حركة موجية، وهم الآن، من جهة ثانية، أمام ظاهرة المفعول الفوتوكهربائي وظواهر أخرى اكتشفت بعده، وكلها تكشف عن أن الضوء يتألف من حبيبات متحركة، أي من «فوتونات»، كما يقال اليوم.

إن الوسيلة الوحيدة للخروج من هذا المأزق هي أن نقبل بأن المظهر الموجي للضوء ومظهره الحبيبي وجهان متكاملان لحقيقة واحدة. وفي كل مناسبة يتبادل فيها الاشعاع طاقة مع المادة، يمكن أن نعتبر هذا التبادل ناجماً عن امتصاص المادة

للفوتون أو اصدارها له ؛ أما عندما نريد أن نشرح الانتقال الاجمالي لحبيبات الضوء فيجب أن نلجأ إلى انتشار الأمواج. ولدى التعمق في هذه الفكرة نجد أنفسنا مسوقين إلى القبول بأن كثافة غيمة الحبيبات، التي نعلقها بالموجة الضوئية، تكون في كل نقطة متناسبة مع شدة تلك الموجة. وبهذا الاسلوب نتوصل إلى التوفيق بين النظريتين القديمتين المتنافستين، وإلى تفسير التداخل والمفعول الفوتوكهربائي كليهما. أما الفائدة العظيمة التي نجنيها من هذا التوفيق بين النظريتين فهي أنها تكشف لنا أن الأمواج والحبيبات متحدة معاً في أعماق الطبيعة، طبيعة الضوء على الأقل. ولكن إذا كان الأمر كذلك فيما يخص طبيعة النور، ألا نستطيع أن نفترض الشيء نفسه فيما يخص طبيعة المادة؟ لقد كانت جهود الفيزيائيين تعتمد على أن المادة ليست سوى مجموعة كبيرة من الجسيمات. ولكن، إذا كنا لا نستطيع أن نعزل الفوتون عن الموجة المواكبة له، ألن يكون لنا عندئذ حق في أن نفكر أن جسيمات المادة تواكبها، هي الأخرى، موجة ما؟ ذلك هو السؤال الأساسي الذي لا بد من مواجهته.

لنفترض أن جسيمات المادة، الالكترونات مثلاً، مصحوبة

بموجة تلازمها حيث ذهبت. بما أن الجسيم والموجة متحدان في كائن واحد، فان حركة الجسيم لن تكون مستقلة عن انتشار الموجة، ولا بد عندئذ من أن نتمكن من ايجاد رابطة بين المقادير الميكانيكية، كاندفاع الجسيم وطاقته، وبين مميزات الموجة المواكبة، كطول الموجة وسرعة انتشارها. يمكننا، في سبيل تحقيق هذا التوازي، أن نستوحيه من العلاقة بين الفوتون وموجته المواكبة: إن النظرية التي تبحث في العلاقة بين الجسيمات المادية والأمواج المواكبة لها معروفة اليوم تحت اسم «الميكانيك الموجي».

عندما تنتشر الموجة المواكبة للجسيم بحرية في فضاء واسع الابعاد بالنسبة لطول الموجة، فان الميكانيك الجديد يقود، بخصوص الجسيم الملازم للموجة، إلى الحركة التي تتنبأ بها قوانين الميكانيك التقليدي. وهذا ما يحدث، على وجه الخصوص، عندما يتعلق الأمر بحركات الالكترونات التي يمكن أن نرصدها مباشرة؛ ومن هنا نفهم لماذا تقودنا دراسة حركات الالكترونات في المجال المحسوس إلى أن نعتبرها جسيمات فحسب. على أن ثمة ظروفاً لا تنجح فيها قوانين الميكانيك التقليدي في توصيف حركات الجسيمات. وأول هذه الظروف هو انتشار الموجة المواكبة في حيز

من الفضاء أبعاده من رتبة طول الموجة؛ وهذا شأن الالكترونات ضمن الذرة؛ إذ أن الموجة المواكبة مضطرة عندئذ إلى أن تشكل موجة مستقرة تشبه شكل موجة المرونة المستقرة في وتر مثبت من طرفيه، أو شكل الموجة الكهربائية المستقرة في هوائي الاتصالات اللاسلكية. وبذلك تبين النظرية الجديدة أن هذه الأمواج المستقرة لا يمكن أن تملك من أطوال الموجة سوى قيم معينة محددة تماماً تتعلق بها قيم، لطاقة الالكترون المواكب، محددة تماماً؛ وهذه القيم الطاقية تقابل الحالات الحركية «الكمومية» التي أدخلها بور في نظريته؛ وبذلك يتفسر ما كان يعتبر واقعاً عجيباً، وهو أن هذه الحركات الكمومية هي الحركات الوحيدة التي يستطيع الالكترون أن يقوم بها وهو محصور داخل الذرة.

وهناك ظرف آخر لا يخضع الالكترون فيه إلى قوانين الميكانيك التقليدي، وهو أن تصطدم الموجة المواكبة بحواجز على طريق انتشارها. عندئذ تنشأ حوادث التداخل ولا يكون لحركة الجسيمات أي شأن بما يقوله الميكانيك التقليدي. ولكي نفهم الاسلوب الذي تسير وفقه الأمور عندئذ، نلجأ إلى التشبيه مع الاشعاعات. لنتصور أننا أرسلنا إشعاعاً ذا طول موجة معلوم على

تركيب قادر على توليد التداخل. ولما كنا نعلم أن الاشعاعات تتألف من فوتونات، نستطيع أن نقول اننا نرسل وابلاً من الفوتونات على التركيب المذكور. وفي المنطقة التي يحصل التداخل فيها، تتوزع الفوتونات بحيث يكون عددها أعظمياً في الأماكن التي تكون فيها شدة الموجة المواكبة أعظمية. فاذا أرسلنا الآن على التركيب نفسه وابلاً من الالكترونات، بدلاً من الاشعاعات، وكان طول موجتها المواكبة مساوياً طول موجة الاشعاع المستعمل سابقاً، فان التداخل سيحدث هنا أيضاً بأسلوب ما حدث هناك لأن طول الموجة وحده هو الذي ينظم ظاهرة التداخل. فمن الطبيعي إذن أن نفكر بأن الالكترونات ستتركز أيضاً في مناطق الشدة العظمى أي، بتعبير آخر، أن الالكترونات في هذه الحالة ستتوزع في الفضاء كما توزعت الفوتونات في الحالة السابقة. فاذا استطعنا أن نبرهن بالتجربة على صحة هذه النتيجة نكون قد برهنا، في الوقت نفسه، على وجود الموجة المواكبة للالكترونات، ونستطيع عندئذ أن نتأكد من صحة دساتير الميكانيك الموجي.

إن الميكانيك الموجي يقود، بخصوص الالكترونات المتحركة بسرعات قابلة للتنفيذ في التجارب الشائعة، إلى تعليق موجة بها؛

طولها من رتبة طول موجة الاشعة السينية (جزء من عشرة ملايين جزء من الميليمتر) . فلتبيان الموجة المواكبة للالكترونات يجب إذن أن نحاول ، في حالتها هذه ، تحقيق ظاهرة تداخل تشبه تداخل الاشعة السينية . وهذا ما أمكن تنفيذه فعلاً ، عام ١٩٢٧ في الولايات المتحدة الأميركية ، في تجارب دافيسون DAVISSON وجرمر GERMER ، ثم عند عدد كبير من المجربين ، خصوصاً تمسن G. P. THOMSON في انكلترا وبونت PONTE في فرنسا . ومن هذه التجارب أكتفي بالقول انها استجابت استجابة كاملة لدساتير الميكانيك الموجي .

لقد اثبتت هذه التجارب العظيمة إذن أن الألكترون ليس جسيماً فحسب ؛ انه ، بمعنى ما ، جسيم وموجة معاً . وكذلك شأن البروتون ، كما ثبت من تجارب حديثة . وهكذا نرى أن المادة كالضوء ، تتألف من أمواج وجسيمات . إن المادة والضوء يتجليان وفيهما من التشابه أكثر مما كان يُظن . وبذلك ترتسم الطبيعة في صورة أجمل وأبسط من ذي قبل .

لقد رأينا أن نواة الذرة ، ذات العدد الذري ح ، تحمل شحنة كهربائية تساوي ح مرة من شحنة البرتون ، وأنها تحوي كل

كتلة الذرة تقريباً . ويفترض ، منذ القديم ، أن نوى الذرات تتكون من بروتونات والكترونات ، وأن عدد البروتونات يزيد عن عدد الالكترونات بالعدد ح ، وأن كل كتلة النواة ناجمة عملياً عن كتل البروتونات .

إن فكرة أن النواة مركبة يفرضها تقريباً تفسير النشاط الاشعاعي الصادر عن النواة . وقد انجز دراسة هذه الظاهرة بيير كوري P. CURIE وزوجته ماري ، بعد أن اكتشفها بيكيريل BECQUEREL ، وقد سببت وفاتهما مؤخراً حزناً عميقاً لدى العلماء الفرنسيين . إن الأجسام الناشطة إشعاعياً هي عناصر ثقيلة ، عددها الذري كبير في تسلسل العناصر (من ٨٣ إلى ٩٢) . فهي تتميز بأنها قلقة تلقائياً ، أي أن إحدى النويات تتفجر ، بين وقت وآخر ، فتتحول إلى نواة عنصر أخف . وهذا التفكك مصحوب بقذف الكترون (إشعاع بيتا) أو نواة هليوم (إشعاع ألفا) أو فوتون شديد النفاذ وعالي التواتر (إشعاع غاما) . لقد كان لاكتشاف هذا النشاط الإشعاعي صدى عميق لدى الفيزيائيين ، لأنه أثبت لهم أن نوى الذرات هي بالفعل تجميعات معقدة ، وأن النواة بتفسخها تعطي نوى أخف منها ، فيحدث فيها

بشكل تلقائي تحول العناصر الذي كان يحلم به سيميائيو العصور الوسطى. على أن النشاط الإشعاعي ظاهرة لا نستطيع مع الأسف أن نتحكم فيها البتة ولا أن نقف منها بالتالي سوى موقف المتفرج دون أية سلطة عليها. على أن خطوة كبيرة خطوناها بعد عشرين عاماً من اكتشاف هذا النشاط الطبيعي حين توصلنا إلى توليد نشاط اشعاعي اصطناعي ندين به للفيزيائي الانكليزي الكبير رذرفورد. فبرجم نوى الذرات الخفيفة بجسيمات ألفا (الصادرة هي نفسها عن المواد المشعة طبيعياً) أمكن تحطيم هذه النوى والحصول على نوى ذرات أخف منها، وبذلك تحقق تطفير ذري اصطناعي حقيقي. لكن هذا التطفير لا يتناول بالطبع سوى كميات ضئيلة من المادة لدرجة أننا لا نستفيد منه عملياً؛ لكن فائدته النظرية عظيمة، لأنها تدل على وحدة المادة وتعطينا معلومات عن بنية النوى.

إن دراسة التطفير الاصطناعي تقدمت كثيراً في السنوات الأخيرة، في انكلترا أولاً، بتوجيه من لورد رذرفورد، حيث حصل الفيزيائيون الشباب، شادويك CHADWICK وكوكروفت COCKROFT والتن WALTON وبلاكيت

BLACKETT، على نتائج رائعة، ثم في دول أخرى عديدة، وخصوصاً في الولايات المتحدة الأميركية حيث أكتفي بذكر لورنس LAWRENCE. ويوجد في باريس مركزان مهمان جداً فيهما علماء مرموقون يهتمون بشئون النواة. فلدينا معهد الراديوم الذي كانت تديره السيدة كوري وتعمل فيه ابنتها إيرين Iréne وزوجها جوليو F. JOLIOT وأوجيه AUGER وروزنبلوم ROSENBLUM وسواهم: وهناك مخبر البحوث الفيزيائية على الأشعة السينية الذي أسسه وأداره موريس دوبروي (أخو لوي) ويعمل فيه تيبو THIBAULT وتريلا TRILLAT ولوبرنس رنغيه LEPRINCE- RINGUET وغيرهم، وقد حصلت فيه أبحاث جميلة ومثمرة.

لا أستطيع البتة أن أدخل هنا في تفاصيل النتائج التي أدت إلى نوع من كيمياء النواة تتمثل فيها التطفيرات بمعادلات تشبه المعادلات التي يستخدمها الكيميائيون لترميز التفاعلات الكيميائية المعروفة. لكنني أود أن أخص بالذكر اكتشافين أساسيين لم يكن أحد يتوقعهما قط. أولهما اكتشاف النترون: ففي التجارب الهادفة إلى دراسة النشاط الاصطناعي شعر

شادويك ، من جهة ، وجوليو وزوجته من جهة أخرى ، بوجود نوع جديد من الجسيمات في نواتج التفكك . وقد ظهر أن هذا الجسيم الجديد يمر بسهولة كبيرة عبر المادة ويبدو مجرداً عن أية شحنة كهربائية ويملك كتلة تكاد تساوي كتلة البروتون . وقد أطلق عليه اسم « النترون » . ويبدو أنه يلعب دون شك دوراً كبيراً في بنية النواة .

ولم يمض عام واحد على اكتشاف النترون حتى ظهر نوع رابع من الجسيمات (١٩٣٢) . فلدى دراسة التفكك الذي تولده الأشعة الكونية* شعر أندرسن ANDERSON وكذلك بلاكيت وأوكياليني OCCHIALINI بوجود الكترونات موجبة أي جسيمات لها كتلة الالكترون وذات شحنة موجبة . إن ظهور الالكترونات الموجبة عملية نادرة جداً ، ويبدو أنها تلعب دوراً هاماً في الظواهر النووية .

وبعد هذين الاكتشافين المذهلين تعقد الموقف أكثر من

(*) جسيمات من أنواع شتى ذات طاقة عالية جداً ترد على الأرض من الفضاء النجمي فيمتص جو الأرض أكثرها . اكتشفها هس HESSE عام ١٩١١ .
(المترجم)

ذي قبل، إذ أصبح لدينا الآن أربعة أجناس من الجسيمات: الالكترون والبروتون والالكترون الموجب والنترون. هل هي حقاً عنصرية(*) كلها؟ كلا، بلا ريب؛ إذ يبدو أن أحدها على الأقل مركب. ذلك أننا يمكن أن نفترض البروتون والالكترون والالكترون الموجب عنصرية، أما النترون فمؤلف من بروتون، يحمل كل الكتلة تقريباً، ومن الكترون يعدّل شحنة البروتون. يمكن أيضاً أن نفترض (وهذا يبدو لي أكثر إغراءً) أن الجسيمات العنصرية ثلاثة: النترون والالكترونان؛ أما البروتون فمؤلف من نترون والكترون موجب، وبذلك يخسر بساطته. ومهما يكن من أمر فإن اكتشاف النترون والالكترون الموجب قد أغنى معرفتنا عن العالم الذري بشكل كبير.

لنقل أيضاً كلمة عن الأشعة الكونية. فقد تبين من الأعمال التي تمت خلال السنوات الأخيرة، وفي مقدمتها أعمال ميليكان، وجود اشعاع شديد النفاذ يبدو آتياً من الفضاء ما بين النجوم. واكتشف أنه يؤثر في المادة تأثيراً عنيفاً جداً فيولد العديد من التفككات النووية. إن دراسة الأشعة الكونية صعبة: فطبيعتها

(*) تطلق عادة هذه الصفة على كل جسيم لا يتجزأ. (المترجم)

ما تزال غير مؤكدة. ومن المحتمل جداً أن نحصل في القريب على نتائج مثيرة في هذا الميدان أيضاً.

يتضح من هذا العرض الموجز جداً أن الأبحاث المخبرية قد جلبت لنا كل يوم، ومنذ بضعة سنوات، اكتشافات ذات أهمية لا تُقدر. كما أن الفيزياء النظرية، التي تعنى بالقاء الضوء على البحوث المخبرية وبتوجيهها، لم تبق خاملة هي الأخرى.

إن تاريخ الفيزياء النظرية، منذ ثلاثين عاماً، يتميز بتطور نظريتين عظيمتين كان لهما صدى عميق هما: نظرية النسبية ونظرية الكم. إن نظرية النسبية هي أقلهما صلة بتقدم الفيزياء الذرية، لكنها أكثرهما شهرة لدى الجمهور. وقد انطلقت من بعض التجارب في تداخل الضوء، وهي تجارب لم يمكن تفسيرها في ظل النظريات القديمة. وقد استطاع آينشتاين، بمجهود فكري لن تنمحي ذكراه، من تخطي تلك الصعوبة بإدخال أفكار جديدة تماماً عن طبيعة المكان والزمان وعن ترابطهما معاً. وبهذه الصورة نشأت نظرية النسبية الجميلة التي اعطتنا بعد تعميمها مفهوماً مبتكراً لظاهرة التثاقل. لقد قامت، وما زالت تقوم، مناقشات حول بعض التحقيقات التجريبية لهذه النظرية، لكن مما لا شك

فيه أنها قدمت وجهات نظر جديدة وخصبة جداً. فقد بينت كيف يمكننا، بالتخلي عن بعض الأفكار الشائعة التي اعتمدت بالعادة أكثر من المنطق، أن نتخطى عقبات كانت تبدو جد كأداء وأن نكتشف آفاقاً غير متوقعة. لقد فتحت النسبية أمام الفيزيائيين باباً لتدريب اذهانهم على المرونة والليونة تدريباً رائعاً.

ولئن كانت نظرية الكم أقل شهرة لدى الجمهور إلا أنها تساويها في الأهمية والمفعول. فهي التي أتاحت استخدام حقائق الفيزياء التجريبية لتشكيل علم الظواهر الذرية. والواقع الرئيسي، الذي ظهر عندما أريد النظر عن كثب في تفسير هذه الظواهر، هو ضرورة ادخال مفاهيم جديدة فيها، مفاهيم غريبة تماماً على الفيزياء التقليدية. فلتوصيف العالم الذري لا يكفي أن نعمم على سلّم الصغائر الطرائق والصور التي تصح في سلم المحسوسات أو في السلم الفلكي. فقد ذكرنا كيف توصلنا، مع بور، إلى تمثيل الذرات بمنظومات شمسية مصغرة تلعب فيها الالكترونات دور الكواكب التي تدور حول نواة مركزية ذات شحنة موجبة. بيد أن الحصول على نتائج صحيحة حقاً من هذا التمثيل يستلزم أن نفترض أن المنظومة الشمسية الذرية تخضع لقوانين كمومية تختلف

كثيراً عن قوانين المنظومات الشمسية الفلكية. وكلما أمعنا النظر في هذه الفروق يتضح لنا عمق غورها وأهمية مغزاها. فقد أدى تدخل الكموم إلى دخول المتقطع في كل ميادين الفيزياء الذرية؛ وهذا أمر جوهري لأن الذرات تصبح بدونه غير مستقرة والمادة غير موجودة.

لقد رأينا أن اكتشاف المثنوية، الجسيمية ــ الموجية، في طبيعة النور جعل نظرية الكم تأخذ، منذ بضعة أعوام، شكلاً أطلق عليه اسم «الميكانيك الموجي»، وأحرز نجاحات عديدة. فقد أتاح لنا أن نفهم الظواهر التي تنجم عن وجود حالات مستقرة كمومية في الذرة وأن نتنبأ بهذه الظواهر. وقد لا تكون الكيمياء أكثر العلوم استفادة من تقدم هذه النظرية بما جلبته من صور مبتكرة نافعة لشتى الروابط الكيميائية.

إن تطور الميكانيك الموجي أجبر الفيزيائيين على توسيع آفاقهم وافكارهم. ففي هذه النظرية الجديدة لم يعد لقوانين الطبيعة تلك الخاصية القاطعة التي كانت لها في الفيزياء التقليدية؛ فلم تعد قوانين الطبيعة الذرية حتماً محتوماً بل احتمالاً راجحاً؛ وهذا ما يعبر عنه «مبدأ الارتياب» الذي اكتشفه فيرنر هايزنبرغ

HEISENBERG . حتى أن مبدأي السببية والفردانية يجب أن يخضعا لتحليل جديد . ومن هذه الأزمة التي تعتري اليوم المبادىء الموجهة لتمثيلاتنا الفيزيائية ستنبثق بالتأكيد مذاهب فلسفية لا نراها اليوم إلا لمحاً .

ـ ٣ ـ

كلمات ختامية

لقد حاولنا، في «المناهل التاريخية»، أن نضع العلوم الطبيعية في خط تطورها التاريخي بواسطة نصوص، قصيرة بالضرورة، مستقاة من اكثر ممثليها شهرة. وفي الختام نود أن نبرز النقاط التالية:

١ ـ تتميز العلوم الطبيعية، في مراحلها الأولية، بتواضع واع: فهي تصدر أحكاماً على علاقات محددة تماماً، **ولا تصح مقولاتها إلا ضمن هذه الحدود**.

٢ ـ يكاد هذا التواضع يزول في القرن التاسع عشر. فقد اتخذت مكتشفات الفيزياء دلائل على

الطبيعة بمجملها. وشاءت الفيزياء أن تكون فلسفة، وكان يُطلب من كل فلسفة حقيقية أن تكون علماً طبيعياً.

٣ ــ تعاني الفيزياء اليوم تغيراً أساسياً سمته الرئيسية عودة إلى التحديد الأولي.

٤ ــ إن العلم الذي يريد التمسك بمحتواه الفلسفي يجب أن يعي حدوده. فالاكتشافات العظيمة في ميدان خواص المظاهر الطبيعية المنفردة لا يمكن أن تنجم إلا بشرط أن نعرّف سلفاً الطبيعة العامة لهذه المظاهر. وعلى الفيزياء أن تتخلى، في نهاية الأمر، عن البحث في ماهية الأجسام والمادة والطاقة،... الخ، إنها بذلك فقط تستطيع أن تتبين الخواص الأصلية للمظاهر التي نطلق عليها هذه الأسماء؛ وعندها يمكن للمكتشفات أن تقود بعدئذ إلى معارف فلسفية حقيقية.

جدول الخطأ والصواب

الصفحة	السطر	الخطأ	الصواب
٢٣	٧	كتل الحديث	كتل الحديد
٥٨	١٣	الطبيعة الجسيمة	الطبيعة الجسيمية
٥٩	٩	JORSAN	JORDAN
٦٢	١٤	HAHN	HANN
٧٩	٣	مونيخ	ميونيخ
٨٢	١١	النهائتين	النهائيتين
٨٨	٥	غذائها	غذاءها
١١٢	١١	المدرات	المدارات
١٢٥	٣	السروع	الفروع
١٢٦	٣	فمن	فيمن
١٦٩	٩	ERICURE	EPICURE
١٨٠	١٠	الادة	الأداة
٢٠٦	٣	الورادة	الواردة
٢١٠	الأخير	الموجبة	الموجة
٢١٤	٦	الظاهر	الظاهرة
٢١٨	١٤	يبدوا	يبدو

أعمال الدكتور
ادهم السمان

المؤلفات

الضوء الهندسي: منشورات جامعة دمشق.
الكهرطيسية: منشورات جامعة دمشق.

المترجمات

الأرض والسماء: تأليف أ. فولكوف
منشورات وزارة الثقافة والارشاد القومي، دمشق
طبيعة قوانين الفيزياء: تأليف ر. فاينيمان
منشورات دار الرسالة — دمشق

هكذا أرى العالم: تأليف أ ــ آ. آينشتاين
منشورات وزارة الثقافة والارشاد القومي، دمشق
فيزياء وفلسفة: تأليف ف. هايزنبرغ
منشورات وزارة الثقافة والارشاد القومي، دمشق
الطبيعة في الفيزياء المعاصرة: تأليف ف. هايزنبرغ
منشورات دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق
تطور الأفكار في الفيزياء: تأليف ــ آينشتاين ول. إنفلد.
منشورات وزارة الثقافة والارشاد القومي، دمشق

الفهرس

الطبيعة في الفيزياء المعاصرة

فيزياء الذرة وقانون السببية

العلاقات بين الثقافة الهادفة الى السمو بالإنسان وعلوم الطبيعة والغرب

المناهل التاريخية

الفلسفة والفيزياء = Physique et philosophie :
الطبيعة في الفيزياء المعاصرة/ تأليف فيرنر هايزنبرغ؛ ترجمة أدهم السمان . ــ دمشق : دار طلاس، ١٩٨٦ . ــ ٢٣٠ ص . ؛ ١٨ سم .

١ ــ ١ر٥٣٠ هـ ا ي ف ٢ ــ العنوان ٣ ــ هايزنبرغ
٤ ــ السمان

رقم الايداع ــ ٤٣٣ / ٤ / ١٩٨٦

هذا الكتاب

يرسم هذا الكتاب، بريشة الفيزياء المعاصرة، صورة تحليلية واضحة للطبيعة التي نتحراها ونعيش فيها. كما يعرض أهم المنعطفات التاريخية التي عاناها مفهوم الطبيعة في علوم الفيزياء، مستقاة من نصوص مكتوبة بقلم مشاهير أعلامه.

ومَن أقدرُ على رسم تلك الصورة وهذه المنعطفات التاريخية بمثل هذا العمق وهذه الدقة، من مؤلفه، فيرنر هايزنبرغ، وهو الفيزيائي المعاصر الكبير المعروف بانجازاته العظيمة في الفيزياء النظرية وباهتماماته بخلفيتها الفلسفية.

